ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AVRIL 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Exemples de structure des systèmes duaux de l'espace hilbertien.* Note de M. **GASTON JULIA**.

Dans l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, soit (A_i) un système infini de vecteurs admettant un dual (B_k). On désigne par V et W les variétés linéaires fermées $V = [A_1, A_2, \ldots]$, $W = [B_1, B_2, \ldots]$ respectivement sous-tendues par (A_i) et (B_k); $W \leqq V$. On va donner des exemples pour $W = V$ et $W < V$, ainsi que diverses conséquences relatives aux développements $\sum (B_i, X) A_i$ formés avec ces systèmes.

1. Lorsque les A_i définissent, par $A_i = Ae_i$, un opérateur borné de 1re classe, on a montré antérieurement [1] que l'on a $B_k = (A^{-1})^{\star} e_k$ et qu'il y a réciprocité parfaite entre les A_i et les B_k. Donc $V = W = \mathcal{H}$. Les séries $\sum (A_i, X) B_i$ et $\sum (B_i, X) A_i$ convergent fortement pour tout X et leur somme est X.

Il en est de même si A est borné, de 3e classe. Alors $W = V < \mathcal{H}$; les B_k sont parfaitement réciproques des A_i. Les séries $\sum (A_i, X) B_i$ et $\sum (B_i, X) A_i$ convergent fortement, pour tout X, vers la projection $P_V X$ de X sur V.

Les circonstances sont plus délicates lorsque A est borné de 4e classe; nous précisons plus loin les indications d'une précédente Note [2] et la réalisation des circonstances signalées dans cette Note au n° 5, *c*.

2. Donnons d'abord un exemple simple de suite A_i possédant un noyau $N = V - W$ à une dimension. W sera une variété linéaire fermée définie par la base orthonormale $(e_1, e_2, \ldots)$; N sera défini par le vecteur unitaire e_0 orthogonal à W; $\mathcal{H} = V = [e_0] + [e_1, e_2, \ldots]$.

Soit C un opérateur borné de 1re classe défini dans W et transformant W en

---

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 298.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 468.

elle-même. Les $C_i = Ce_i$ ($i = 1, 2, \ldots$) admettent un dual (B_k), sous-tendant W, réciproque de (C_i), $B_k = (C^{-1})^\star e_k$. Définissons le système A_i par $A_i = C_i + \mu_i e_0$, avec μ_i réel croissant vers $+\infty$. 1° $A_i . \| A_i \|^{-1}$ converge fortement vers e_0, car les $\| C_i \|$ sont uniformément bornés. Toute variété $V'_n = [A_{n+1}, \ldots]$ contient e_0 qui appartient au noyau N des A_i. 2° Il n'existe aucun ζ de $\mathcal{H}$ orthogonal à tous les A_i. Car, pour un tel $\zeta = \zeta' + \lambda e_0$, avec $\zeta' \in W$, on aurait $(\zeta' + \lambda e_0, C_i + \mu_i e_0) = 0$, pour $i = 1, 2, \ldots$, ou $(\zeta', C_i) = -\bar{\lambda}\mu_i$. μ_i croissant vers $+\infty$ et C_i borné exigent $\lambda = 0$; et $(\zeta', C_i) = 0$ exige $\zeta' = 0$, car les C_i sous-tendent W. Donc $V = [A_1, A_2, \ldots] = \mathcal{H} = [e_0, e_1, \ldots]$. 3° Le système ($A_i$) admet évidemment ($B_k$) pour dual, car $(A_i, B_k) = (C_i + \mu_i e_0, B_k) = \delta_{ik}$, pour $i, k = 1, 2, \ldots$. Donc $[B_1, B_2, \ldots] = W = [e_1, e_2, \ldots]$. 4° Le noyau $N = V - W = [e_0]$.

Dans $\mathcal{H}$ on peut définir un opérateur A par $Ae_0 = 0$, $Ae_i = A_i$ ($i = 1, 2, \ldots$). A n'est pas borné. Le dual (B_k) définit dans W un opérateur borné égal à $(C^{-1})^\star$. $P_W A = C$ est borné; $A = P_W A + P_{[e_0]} A$ est une décomposition de A en somme d'un opérateur borné et d'un opérateur non borné élémentaire. On a $\sum (B_k, X) A_k = \sum (B_k, X) C_k + e_0 \sum (B_k, X) \mu_k$. La 1re série du 2e membre converge fortement vers X pour tout X de W et vers $P_W X$ pour tout X de $\mathcal{H}$. La 2e ne converge que si $\sum (B_k, X) \mu_k$ converge, et cette convergence dépend de la croissance des μ_k; elle converge toujours dans $\{C_1, C_2, \ldots\}$ partout dense dans W; sa somme est une fonctionnelle linéaire de X, en général non continue, conservant la même valeur en tous les X ayant même projection sur W.

3. L'exemple précédent modifié conduit à une suite A_i ayant des propriétés de structure analogues, mais définissant un *opérateur borné de 4e classe*. Avec le même opérateur borné C de 1re classe, opérant dans W, on définit les $C_i = Ce_i$ [3]; puis l'on choisit les scalaires $\lambda_i \neq 0$ tels que $\sum |\lambda_i|^2$ converge; enfin on prend $A_i = \lambda_i (C_i + e_0)$. 1° Il n'existe aucun $\zeta \neq 0$ de $\mathcal{H}$ orthogonal à tous les A_i; car on devrait avoir, pour $\zeta = \zeta' + \lambda e_0$, $\zeta' \in W$, $\lambda_i [(\zeta', C_i) + \bar{\lambda}] = 0$, donc $(\zeta', C_i) = -\bar{\lambda}$ pour tout $i \geq 1$, et la convergence de $\sum |(\zeta', C_i)|^2$ pour tout ζ' de W exigerait $\lambda = 0$, d'où $\zeta' = 0$; donc $V = [A_1, A_2, \ldots] = \mathcal{H}$. 2° Le système ($A_i$) admet pour dual le système $B_k = \overline{\lambda_k^{-1}} . (C^{-1})^\star e_k$ ($k = 1, 2, \ldots$), sous-tendant W. 3° Le noyau $N = V - W = [e_0]$. 4° A_i définit par $Ae_0 = 0$, $Ae_i = A_i$ ($i = 1, 2, \ldots$) un *opérateur borné de 4e classe complètement continu*, car $\sum \| A_i \|^2 = \sum |\lambda_i|^2 [\| C_i \|^2 + 1]$ est convergente.

Un cas très simple est fourni par l'opérateur unité $C = 1$. Alors $A_i = \lambda_i (e_0 + e_i)$,

---

[3] Les $\| C_i \|$ sont bornés supérieurement et inférieurement par des nombres fixes.

$B_k = \overline{\lambda_k^{-1}} . e_k$. On constate que $p^{-1} . \sum_{n+1}^{n+p} \lambda_i^{-1} A_i$ converge fortement vers e_0, pour $p = \infty$; cela explique que e_0 appartienne au noyau N des (A_i). L'opérateur B de $\mathcal{H}$ défini par $Be_0 = 0$, $Be_k = B_k$ n'est pas borné, car $\| B_k \|$ tend vers $+\infty$. Le domaine Δ_A des valeurs de $Y = AX = e_0 \sum_1^\infty \lambda_i x_i + \sum_1^\infty \lambda_i x_i e_i$, lorsque $X = \sum_0^\infty x_i e_i$, couvre en projection toute la variété $N = [e_0]$, mais non la variété $W = [e_1, e_2, \ldots]$; $P_W Y$ ne couvre que les $\eta = \sum_1^\infty y_i e_i$ de W tels que $\sum_1^\infty |\lambda_i|^{-2} |y_i|^2 = \sum_1^\infty |(B_i, \eta)|^2$ converge. Le point $\sum_1^\infty \lambda_i e_i$ n'est pas couvert.

Le domaine Δ_A est caractérisé par les $Y = \sum_0^\infty y_i e_i$ tels que

$$\sum_1^\infty |(B_i, Y)|^2 = \sum_1^\infty |\lambda_i|^{-2} |y_i|^2$$

converge et tels que $y_0 = \sum_1^\infty y_i$, la série du 2e membre convergeant pour tous ces Y, en sorte que Δ_A est contenu dans la variété linéaire non fermée d'équation $y_0 - \sum_1^\infty y_i = 0$, partout dense dans $\mathcal{H}$.

En supposant les λ_i réels pour simplifier, on voit que, dans cet exemple, $\sum (B_i, X) A_i = \sum_{i=1}^\infty (e_i, X)(e_0 + e_i)$ convergera seulement lorsque $\sum (e_i, X)$ convergera; car $\sum (e_i, X) e_i$ converge toujours fortement vers

$$P_W X = X - (e_0, X) e_0.$$

La variété $\mathcal{V}$ définie par la convergence de $\sum (e_i, X)$ est linéaire mais non fermée ([4]); elle contient la variété non fermée $\{e_1, e_2, \ldots\}$ partout dense dans $\mathcal{H}$. Lorsque $X \in \mathcal{V}$, la différence $\sum (B_i, X) A_i - X = e_0 \left[\sum_1^\infty (e_i, X) - (e_0, X) \right]$ appartient toujours à $N = [e_0]$; mais elle dépend de X, le coefficient de e_0 n'étant pas fonctionnelle continue de X, tout en étant limite, dans $\mathcal{V}$, de la

---

([4]) Par exemple $X^n = \sum k^{-1-\frac{1}{n}} e_k$, appartenant à $\mathcal{V}$, converge fortement, pour $n = \infty$, vers $X = \sum k^{-1} e_k$ qui n'appartient pas à $\mathcal{V}$.

fonctionnelle continue $\sum_{1}^{n}(e_i, X) - (e_0, X)$. La différence précédente est nulle pour tout X de Δ_A.

4. A partir des exemples précédents de noyaux à une dimension, on peut former des exemples de *noyaux à un nombre fini ou infini de dimensions*; examinons ce dernier cas.

Soient $\mathcal{M}^1$, $\mathcal{M}^2$, ... des variétés linéaires fermées en infinité dénombrable, chacune à une infinité de dimensions, 2 à 2 orthogonales, et sous-tendant $\mathcal{H}$ par leur ensemble. Dans $\mathcal{M}^k$ ($k = 1, 2, \ldots$), définissons, comme au n° 3, un opérateur borné de 4ᵉ classe $\mathcal{A}^k$, opérant dans $\mathcal{M}^k$, conservant $\mathcal{M}^k$. La suite des $A_i^k = \mathcal{A}^k e_i^k$, correspondant à la base orthonormale e_i^k de $\mathcal{M}^k$, admet dans $\mathcal{M}^k$ une duale (B_i^k) et un noyau $[\alpha^k]$. Rangeons les A_i^k en suite linéaire (A_n) suivant le procédé diagonal classique par la croissance de $i + k$; rangeons suivant la même loi les e_i^k en suite (e_n) et les B_i^k en suite (B_n). Les e_n forment un système orthonormal complet de $\mathcal{H}$. Tout X de $\mathcal{H}$ s'écrit $X = \sum X^k$, série toujours fortement convergente où $X^k \in \mathcal{M}^k$. Définissons un opérateur linéaire $\mathcal{A}$ par $\mathcal{A}X = \sum \mathcal{A}^k X^k$ lorsque cette série, à termes 2 à 2 orthogonaux, converge fortement, c'est-à-dire pour $\sum \|\mathcal{A}^k X^k\|^2$ convergente. Si M_k est la borne de $\mathcal{A}^k$ dans $\mathcal{M}^k$, cette série est majorée par $\sum M_k^2 \|X^k\|^2$. Si tous les M_k sont $\leqq M$, elle converge partout, et $\mathcal{A}X$ est un opérateur borné de borne $\leqq M$. Dans $\mathcal{M}^k$, $\mathcal{A}$ coïncide avec $\mathcal{A}^k$. On voit aisément que les B_n constituent la suite duale des A_n, la variété $V = [A_1, A_2, \ldots]$ étant $\mathcal{H}$. Le classement des A_i^k prouve que la suite $A_n, A_{n+1}, \ldots$, quel que soit n, contient tous les A_i^k (pour k fixe arbitraire) à partir d'un certain rang. Donc $[A_n, A_{n+1}, \ldots]$ contient chaque α^k, noyau dans $\mathcal{M}^k$ de la suite (A_i^k). Les α^k sont 2 à 2 orthogonaux. La suite (A_n) fournie par l'opérateur donné $\mathcal{A}$ $[A_n = \mathcal{A}e_n]$ admet certainement un noyau contenant la variété $[\alpha^1, \alpha^2, \ldots]$; l'opérateur $\mathcal{A}$ est de 4ᵉ classe [5].

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Essai de conservation de graines en l'absence d'humidité, d'air et de lumière*. Note de MM. **Alphonse-Théophile Schlœsing**† et **Désiré Leroux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Depuis les essais anciens de Duhamel du Monceau [1], la conservation de la faculté germinative des graines a fait, en raison de son intérêt, l'objet de nombreux travaux.

---

(5) Quelques indications élémentaires et analytiques sur les systèmes duaux et les série correspondants se trouvent dans *Theorie der Orthogonalreihen* de Kaczmarz et Steinhaus et dans S. Levin (*Math. Zeits.*, 32). La notion de noyau, son importance pour la structure des systèmes duaux, ses conséquences pour la convergence des séries correspondantes ne paraissent pas avoir été aperçues.

(1) *Des semis et plantations des arbres*, Paris, 1780, p. 109.

Parmi les moyens préconisés pour maintenir cette dernière, le vide, avec ou sans dessiccation artificielle préalable [L. Maquenne ([2]), P. Becquerel ([3]), ([4]); E. Laurent ([5]), A. Guillemin ([6])], semble l'un des plus efficaces, bien que les résultats obtenus ne soient pas toujours très démonstratifs. Dans plusieurs cas en effet, la durée des essais effectués (2 à 12 ans) n'a guère dépassé, lorsqu'elle n'a pas été plus courte, la durée germinative moyenne des graines utilisées, conservées dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire simplement à l'abri de l'humidité et de la lumière.

En 1922, nous avons pensé qu'un nouvel essai de conservation des graines en l'absence à la fois d'humidité, d'air et de lumière, ne serait pas inutile s'il était prolongé bien au delà de cette durée germinative moyenne.

La graine choisie pour l'expérience que nous avions décidé d'entreprendre était, en raison de sa dégénérescence rapide, celle du tabac.

Le pouvoir germinatif de cette dernière persistant pendant 10 ans (J.-B. Boussingault ([7]), Th. Schlœsing ([8])], mais diminuant ensuite sensiblement [É. Schribaux ([9]) et Étienne] et ne dépassant pas 15 ans [A. de Candolle ([10])], il fut convenu que les premiers essais de germination seraient exécutés avec des semences conservées pendant 20 ans au moins, dans les conditions adoptées.

Ce délai étant, depuis quelques mois, expiré, l'auteur survivant a effectué lesdits essais.

Technique expérimentale. — Dans des tubes de verre de 1^{cm} de diamètre intérieur et fermés à l'une de leurs extrémités, on introduit respectivement 3^g de chaux vive en petits fragments, que l'on recouvre avec un tampon d'amiante de $0^{cm},5$ environ d'épaisseur, sur lequel on place une rondelle de papier à filtrer. A une hauteur de 10^{cm} on étire ensuite les tubes et, après refroidissement, on fait passer dans chacun de ces derniers $0^g,9$ de graines de tabac, soit environ 10000 graines, qui viennent reposer sur la rondelle de papier. On fait le vide à la trompe à eau et on scelle à la lampe. Chaque tube est alors entouré d'une double épaisseur de papier noir opaque et enfermé avec une étiquette dans un autre de plus grand diamètre (18^{mm}) qu'on étire et qu'on scelle, toutes précautions étant prises pour éviter un échauffement des graines susceptible de leur nuire.

On discerne facilement les motifs de la disposition adoptée. La chaux vive est destinée d'abord à dessécher les graines qui n'ont subi aucune dessiccation préalable. Celles-ci

---

([2]) *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 208.

([3]) *Ann. Sc. natur. Bot.*, 9e série, 5, 1907, p. 193.

([4]) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 805.

([5]) *Ibid.*, 135, 1902, p. 1091.

([6]) *Ibid.*, 176, 1923, p. 1737.

([7]) *Économie rurale*, 2e éd., 1, Paris, 1851, p. 6.

([8]) *Leçons de Chimie agricole professée à l'École d'application des Manufactures de l'État*, Paris, 1883, p. 579.

([9]) *Résumés du cours d'Agriculture générale* (1re partie) professé à l'Institut national agronomique, Paris, 1913, suppl. Tabl. VI. D'après ces auteurs, 73 % de graines de tabac simplement séchées à l'air ont germé après 9 ans et 23 % seulement après 13 ans.

([10]) *Ann. Sc. natur. Bot.*, 3e série, 6, 1846, p. 373.

possèdent une humidité initiale de 6 % environ, représentant un apport de l'ordre de 50^{mg} d'eau facilement absorbés par le poids de base employé. Le vide enlève presque intégralement l'oxygène susceptible de provoquer l'altération des graines par la lente combustion de leurs réserves. Il est fait à la trompe à eau, non à la trompe à mercure, pour écarter l'influence de ce métal, qui d'ailleurs ne semble pas à craindre [C. de Candolle (11), V. Jodin (12), P. Becquerel (3)]. La pression d'air subsistante correspond à environ 1/40 d'atmosphère, soit à une quantité d'oxygène très minime ($0^{mg},05$). Si les graines se dessèchent rapidement, cette dernière demeurera et ne donnera lieu à aucune combustion sensible de matière; dans le cas contraire, elle produira des traces d'anhydride carbonique nuisibles, mais absorbées si rapidement par la chaux que les graines n'en subiront pas de dommage appréciable (13).

En mai 1922, 30 tubes sont préparés comme ci-dessus avec des graines de tabac de la Haute-Saône récoltées en 1921 et donnant en avril 1922 un taux de germination de l'ordre de 90 %.

Le 12 février 1943, on a pris au hasard, deux de ces tubes et l'on en a extrait les graines qui y étaient conservées depuis 20 ans et 9 mois; on a placé plusieurs centaines de ces dernières entre des doubles de papier à filtrer humide et d'autres, également en grand nombre, à très petite profondeur, dans du quartz grossièrement pulvérisé porté à 12 % d'eau, l'humectation étant réalisée avec de l'eau distillée dans un appareil en verre. Dans les deux cas les lots constitués ont été placés dans une étuve de Schribaux, maintenue à 28°, température optimum pour la germination des graines de tabac [L. Perreau (14)].

Le 18 février, des graines étaient germées aussi bien sur le papier à filtrer que dans le quartz. Le 22 février les plantules développées (la hauteur de leur tige atteignant déjà 10^{mm}) étaient dans les proportions suivantes :

		Graines essayées.	Graines germées.
Tube I	*a*	100.....	92
	a	345.....	315 soit 91 %
	b	100.....	87
Tube II	*a*	100.....	91
	a	100.....	92
	b	100.....	91

a, sur papier à filtrer; *b*, dans quartz pulv.

Si l'on s'en réferre à la durée germinative moyenne des graines de tabac dans les conditions ordinaires (10 ans), ces chiffres montrent l'excellence du procédé de conservation essayé, manifestée encore par le taux de germination trouvé, qui est égal à celui des graines au début de l'expérience [90 % (15)].

(11) *Revue scientifique*, 4e série, 4, 1895, p. 321.

(12) *Comptes rendus*, 122, 1896, p. 1349.

(13) D'après P. Becquerel (3), l'azote n'a aucune influence sur la faculté germinative des graines.

(14) *Mémorial des Manufactures de l'État*, 3, 1906, p. 457.

(15) Il avait été préparé en 1922 un échantillon des mêmes graines, qui avait été conservé en sachet dans les conditions habituelles (endroit sec et obscur); malheureusement, lors du transfert du matériel expérimental de l'École d'application des Manufactures de l'État au Conservatoire des Arts et Métiers, ce sachet a disparu.

GÉODÉSIE. — *Déterminations de la Pesanteur dans le Sud-Est du Massif Central.* Note [1] de M. PIERRE LEJAY.

Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0 - \gamma'_0$.	$g''_0 - \gamma'_0$
	° ′	° ′	mètres	1942	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
St-Mathieu	3.51,5	43.47,3	2122	21 août	980,496	980,535	980,520	980,520	+ 15	0
St-Martin	3.44,1	43.47,6	186	22 »	,477	,534	,513	,520	+ 14	— 7
Ganges	3.41,6	43.56,3	155	22 »	,479	,527	,510	,533	— 6	— 23
La Baume-Auriol-Navacelles	3.30,1	43.52,8	592	23 »	,378	,560	,493	,528	+ 32	— 35
Col du Minier	3.33,6	44. 3,1	1146	23 »	,275	,629	,499	,544	+ 85	— 44
Aigoual	3.34,3	44. 7,3	1554	23 »	,196	,675	,500	,550	+125	— 50
Valleraugue	3.38,8	44. 4,8	349	24 »	,430	,537	,498	,546	— 9	— 48
St-André	3.41,3	44. 9,3	431	24 »	,427	,560	,511	,553	+ 7	— 41
Col du Mercou	3.49,3	44. 4,8	567	24 »	,395	,570	,506	,546	+ 24	— 40
St-Hippolyte	3.51,6	43.57,9	165	25 »	,497	,548	,530	,536	+ 12	— 6
Le Pradel	4. 3,5	44.13,9	392	26 »	,458	,579	,534	,560	+ 19	— 26
Pont de Montvert	3.46,3	44.21,7	942	26 »	,328	,619	,512	,571	+ 47	— 59
Mont Lozère	3.44,9	44.27,2	1355	26 »	,248	,666	,513	,580	+ 86	— 66
Villefort	3.55,7	44.27,0	581	27 »	,410	,589	,523	,579	+ 10	— 56
Auzon	4.14,8	44.12,3	126	27 »	,514	,553	,538	,557	— 4	— 19
Euzet	4.13,4	44. 4,2	132	27 »	,510	,551	,536	,545	+ 5	— 9
St-Rémy	4.50,4	43.47,0	106	28 »	,503	,536	,524	,519	+ 16	+ 4
St-Rémy	4.50,4	43.47,0	106	9 sept.	,503	,536	,524	,519	+ 16	+ 4
Remoulins	4.33,8	43.56,5	26	11 »	,522	,530	,527	,534	— 3	— 6
Lussan	4.21,7	44. 9,3	245	11 »	,495	,570	,543	,553	+ 17	— 10
Barjac	4.21,1	44.18,5	178	11 »	,513	,568	,548	,567	+ 1	— 19
Vallon	4.24,0	44.24,3	113	12 »	,535	,570	,557	,575	— 5	— 18
Largentière-Montréal	4.17,9	44.32,0	186	12 »	,521	,579	,558	,587	— 8	— 29
Valgorge	4. 7,3	44.35,3	545	12 »	,434	,602	,541	,592	+ 10	— 51
Le Bez	4. 3,1	44.38,3	1230	12 »	,304	,684	,545	,596	+ 87	— 51
Luc	3.53,3	44.39,5	960	13 »	,352	,649	,540	,598	+ 50	— 58
Chaudeyrac	3.45,7	44.39,7	1155	13 »	,318	,674	,543	,599	+ 75	— 55
Laubert	3.38,1	44.34,9	1172	13 »	,303	,664	,532	,591	+ 73	— 59
Mende	3.30,0	44.31,0	732	13 »	,391	,617	,534	,586	+ 31	— 52
La Borie	3.21,0	44.14,8	968	13 »	,328	,626	,517	,561	+ 65	— 44
Meyrueis	3.25,6	44.10,8	699	14 »	,377	,592	,513	,555	+ 37	— 42
Lanuejols	3.22,8	44. 8,0	912	14 »	,330	,612	,508	,551	+ 61	— 42
La Cavalerie	3. 9,2	44, 0,5	794	14 »	,358	,597	,507	,540	+ 57	— 33
Bois du Tour	2.59,2	44.14,3	823	14 »	,358	,612	,519	,560	+ 51	— 41
Laissac	2.49,5	44.22,9	640	15 »	,417	,614	,542	,573	+ 41	— 31
Pierrefiche	2.56,6	44.26,6	600	16 »	,414	,599	,531	,579	+ 20	— 47
St-Geniez-d'Olt	2.58,4	44.27,9	425	16 »	,443	,574	,526	,581	— 6	— 54
Col de Lagarde	3. 2,8	44.21,2	785	16 »	,372	,615	,526	,571	+ 44	— 45
Le Relai	3. 8,6	44.24,3	874	16 »	,357	,626	,528	,575	+ 51	— 47
La Canourgue	3.12,9	44.25,9	559	16 »	,422	,594	,531	,578	+ 16	— 47
Col de Trébatut	3.10,2	44.31,6	1100	17 »	,322	,661	,537	,586	+ 75	— 49
Le Peyron	3. 5,6	44.36,1	1288	17 »	,278	,675	,529	,593	+ 82	— 64
Nasbinals	3. 3,0	44.39,7	1174	17 »	,301	,664	,531	,599	+ 65	— 68
Lasbros	3.14,2	44.42,8	1117	17 »	,319	,664	,538	,603	+ 61	— 65
Les Estrets	3.21,3	44.44,5	929	18 »	,356	,642	,537	,606	+ 36	— 68
Baraque de Bouviers	3.31,4	44.45,6	1421	18 »	,267	,705	,544	,607	+ 98	— 63
Grandrieu	3.37,9	44.47,8	1152	18 »	,331	,687	,556	,611	+ 76	— 54
Esplantas	3.34,3	44.53,1	1091	18 »	,348	,685	,561	,619	+ 66	— 58
Saugues	3.33,1	44.57,6	966	19 »	,381	,679	,570	,626	+ 53	— 55
Le Villard	3.40,9	44.59,7	896	19 »	,398	,674	,573	,629	+ 45	— 56

[1] Séance du 22 mars 1943.

Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1942	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
Bains	3.46,6	45. 0,6	966	19 »	,380	,678	,569	,630	+ 48	— 61
Le Puy-Vals	3.52,6	45. 1,8	647	22 »	,446	,645	,572	,631	+ 14	— 58
Vorey	3.54,9	45.11,1	540	22 »	,491	,657	,596	,646	+ 11	— 49
Retournac	4. 1,5	45.12,0	525	22 »	,491	,653	,593	,647	+ 5	— 54
St-Georges	3.54,4	45.16,5	915	22 »	,430	,712	,609	,654	+ 58	— 45
St-Jean-d'Aubrignoux	3.47,7	45.22,2	934	22 sept.	980,442	980,730	980,624	980,663	+ 67	— 38
Arlanc	3.43,7	45.25,0	606	22 »	,518	,705	,637	,667	+ 38	— 30
St-Germain-l'Herm	3.32,8	45.27,8	1030	23 »	,426	,744	,627	,671	+ 73	— 43
Champagnac-le-Vieux	3.30,5	45.21,4	862	23 »	,460	,726	,628	,661	+ 64	— 33
Vals-le-Chestel	3.31,5	45.16,9	580	23 »	,509	,688	,622	,655	+ 33	— 32
Paulhaguet	3.31,0	45.12,6	538	23 »	,504	,670	,609	,648	+ 21	— 39
Lavoute-Chilhac	3.24,6	45. 9,1	465	24 »	,509	,652	,600	,643	+ 9	— 43
Rongeac	3.33,9	45. 8,2	676	24 »	,466	,674	,598	,641	+ 33	— 43
Fix	3.39,4	45. 9,0	1082	24 »	,383	,717	,595	,643	+ 74	— 48
Borne	3.48,4	45. 6,4	781	24 »	,429	,670	,581	,639	+ 31	— 57
Vals	3.52,6	45. 1,8	647	24 »	,444	,644	,571	,631	+ 13	— 60
Meyzoux	4. 1,0	44.56,1	949	4 oct.	,386	,679	,572	,623	+ 56	— 51
Ussel	3.53,5	44.53,1	963	4 »	,381	,678	,569	,619	+ 59	— 50
Lac d'Issarlès	4. 3,9	44.49,1	1000	5 »	,365	,673	,560	,613	+ 60	— 52
Gerbier-de-Jonc	4.11,7	44.49,6	1235	5 »	,324	,705	,565	,613	+ 91	— 48
Mezilhac	4.21,2	44.48,6	1107	5 »	,353	,694	,569	,612	+ 82	— 42
Le Cheylard	4.26,4	44.54,7	464	5 »	,489	,632	,579	,621	+ 10	— 42
St-Sauveur-de-Montagut	4.34,7	44.50,5	245	5 »	,523	,599	,571	,615	— 16	— 43
Colombier-le-Vieux	4.39,8	45. 4,1	454	6 »	,507	,647	,595	,635	+ 11	— 40
Riotord	4.23,0	45.12,4	825	6 »	,444	,699	,605	,648	+ 51	— 42
St-Genest-Malifaux	4.25,4	45.20,1	924	6 »	,430	,715	,611	,659	+ 56	— 48
Mont-Pilat	4.37,0	45.23,5	1190	6 »	,382	,749	,614	,664	+ 84	— 50
Le Châtelard	4.45,5	45.43,9	298	12 »	,618	–	–	–	–	–
				1943						
Le Châtelard	4.45,5	45.43,9	298	5 janv.	,618	–	–	–	–	–
Villard-de-Lans	5.33,0	45. 4,2	1026	8 »	,357	,674	,558	,635	+ 38	— 77
La Tronche	5.46,2	45.13,0	247	11 »	,499	,575	,548	,649	— 73	—101
St-Martin-le-Vinoux	5.43,1	45.12,6	281	12 »	,495	,581	,550	,648	— 67	— 98
Lyon	4.50,3	45.45,1	168	16 »	,637	,689	,670	,697	+ 8	— 26
Le Châtelard	4.45,5	45.43,9	–	21 »	,618	–	–	–	–	–

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des deux places d'Astronome titulaire vacantes à l'*Observatoire de Paris*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la détermination des éléments orbitaux des étoiles doubles spectroscopiques par la relation masse-luminosité.* Note de M. **Henry Berthomieu**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La relation masse-luminosité paraît suffisamment établie du point de vue numérique pour être utilisée à l'obtention de résultats nouveaux ([1]). En

([1]) Voir à ce propos G. Durand, *Comptes rendus* **200**, 1935, p. 1915; **202**, 1936, p. 1762 et *Annales Obs. de Toulouse*, **15**, 1939, p. 117, où l'on trouvera toutes indications relatives à la fonction $f(G)$ et au terme U dont il est question ici.

l'appliquant ici aux binaires spectroscopiques dont on connaît la *fonction des masses* et la parallaxe, je montre qu'elle détermine des valeurs maxima et minima des éléments (masses et magnitudes des composantes, inclinaison, grand axe de l'orbite absolue de la composante principale) et en permet le calcul pratique.

J'utilise la relation d'Eddington sous la forme $\mu = f(G)$; μ est la masse d'une étoile et G se déduit de sa magnitude absolue par addition d'un terme U fonction de la température, donc connu avec le type spectral.

Les données de l'observation sont : la magnitude absolue visuelle *totale* M, le spectre de la composante principale, c'est-à-dire le terme U_1, la fonction des masses

$$Q = \frac{\mu_2^3 \sin^3 i}{(\mu_1 + \mu_2)^2} \tag{1}$$

et le demi-grand axe minimum $l_1 = a_1 \sin i$. La solution s'appuie sur une propriété des magnitudes individuelles M_1 et M_2, liées à M par la relation qui exprime l'addition des éclairements quand les images sont confondues. Posant $M_1 = M + x$ et $M_2 = M + y$, on a

$$10^{-0,4x} + 10^{-0,4y} = 1, \tag{2}$$

relation symétrique en x et y qui entraîne, si $x \leqq y$ (ou $M_1 \leqq M_2$),

$$0 < x \leqq \zeta, \qquad y \geqq \zeta \qquad (\zeta = 2,5 \log 2).$$

Soient u' et u'' respectivement le minimum et le maximum à déterminer d'une inconnue quelconque u : on a d'abord $M'_1 = M$ et $M''_1 = M + \zeta = M'_2$. Appliquons la relation d'Eddington aux deux composantes :

$$\mu_1 = f(M + U_1 + x), \qquad \mu_2 = f(M + U_2 + y); \tag{3}$$

f étant une fonction décroissante, la première équation (3) détermine μ''_1 avec $x' = 0$ et μ'_1 avec $x'' = \zeta$. La seconde, avec $y' = \zeta$, exprime μ''_2 en fonction de U_2 inconnu, mais qu'on peut remplacer pratiquement par une valeur approchée ([2]). Vu l'identité fréquente des types spectraux chez les couples à deux spectres connus, j'adopte $U_2 = U_1$, d'où $\mu''_2 = \mu'_1$. Puis j'obtiens μ'_2 par l'équation

$$f[M + U_1 + y(x)] = \mu_2[Q, f(M + U_1 + x)], \tag{4}$$

dont le second membre est la racine μ_2 de (1) quand $\sin i = 1$. La résolution de (4) se fait par approximations successives; pour faciliter les calculs, on pose $q = Q/\mu_1$, $r = \mu_2/\mu_1$ et l'on se sert de deux tables : l'une de la fonction $r(q)$ définie par l'équation (1) réduite, $q = r^3/(1 + r^2)$; l'autre de la fonction $y(x)$ définie par (2). En même temps que μ'_2, s'obtiennent y'' et M''_2 : soit φ la fonc-

([2]) La correction U reste très petite en valeur absolue pour les spectres courants, et l'erreur due à son indétermination est en général négligeable.

tion inverse de f; on a $M''_2 = \varphi(\mu'_2) - U_1$ [3]. Enfin, l'équation (1) résolue par rapport à $\sin i$ détermine, pour $\mu_1 = \mu'_1$ et $\mu_2 = \mu''_2$, le minimum i' de l'inclinaison : $\sin^3 i' = 4Q/\mu'_1$ (puisque $\mu''_2 = \mu'_1$). Les bornes de a_1 sont donc $a'_1 = l_1$ et $a''_1 = l_1/\sin i'$.

Condition de possibilité. — Avec $U_2 = U_1$, la condition $\mu'_2 \leqq \mu''_2$ implique $4Q \leqq \mu'_1$; il est donc facile, dès le début, de s'assurer de la possibilité d'évaluer μ_2. De fait, l'inégalité $q'' \leqq 1/4$ est, en général, largement satisfaite. Si, par exception, q'' est $> 1/4$, l'hypothèse sur U_2 ne peut être maintenue; je ramène alors la condition à la forme $U_2 \leqq U''_2$, avec $U''_2 = \varphi(\mu'_2) - M - \zeta$. Suivant que U''_2 correspond ou non à un type spectral réel, l'application de la relation d'Eddington aux 2 composantes est encore possible ou incompatible avec les données.

Précision des résultats. — J'ai appliqué la méthode à 159 couples spectroscopiques en utilisant les orbites du 4e Catalogue de Moore [4] et les parallaxes du Catalogue de Schlesinger (Yale, 1935). La solution, basée sur la petitesse de l'intervalle $M''_1 - M'_1 = 0,75$, détermine μ_1 avec une précision supérieure à celle des autres éléments. Pour caractériser l'incertitude, je me sers du rapport $\rho = \delta\mu_1/\mu_1$, où μ_1 est la moyenne de μ'_1 et μ''_1, et $\delta\mu_1$ l'écart entre cette moyenne et chacune des bornes μ'_1 et μ''_1. On constate que ρ varie peu avec G, et reste de l'ordre de 10 %. Quant aux erreurs provenant des données, il faut tenir compte surtout de celle, ΔM, due à la parallaxe, prépondérante devant ΔU_1. On a $\Delta G'_1 = \Delta G''_1$, et comme en général $f(G)$ est sensiblement linéaire dans l'intervalle $(G'_1, G''_1 + \Delta G''_1)$, la Table $\mu = f(G)$ donne $\Delta\mu''_1 = \Delta\mu'_1$: ainsi, les erreurs d'observation n'altèrent pas le rapport ρ. Par contre ces erreurs affectent inégalement les bornes assignées aux éléments autres que μ_1, d'où un *intervalle d'incertitude* variable suivant les couples et, pour un même couple, suivant les parallaxes utilisées.

HYDRAULIQUE. — *Sur différentes propriétés physiques de la houle.*

Note de MM. **Jean Laurent** et **Henri Gridel**, présentée par M. Henri Villat.

A l'occasion de recherches sur modèles réduits relatives à des aménagements portuaires, nous avons été amenés à examiner de très près certaines propriétés de la houle qui, jusqu'à ce jour, n'avaient été que peu ou pas étudiées. L'un de nous, dans un compte rendu de travaux fait il y a près d'un an, avait d'ailleurs signalé l'intérêt, tant théorique que pratique, qui s'attache à l'étude de ces questions. Depuis cette époque nous avons poursuivi au laboratoire plusieurs séries d'expériences ayant pour objet de préciser nos connaissances sur ce sujet.

---

(3) La fonction $y(x)$ étant décroissante, on a aussi $x' = x(y'')$ et $M'_1 = M + x'$, d'où $\mu''_1 = f(M + U_1 + x')$, mais il vaut mieux s'en tenir à la borne $x' = 0$ afin d'évaluer μ''_1 sans faire jouer l'application de la relation d'Eddington à la 2e composante.

(4) *Lick Obs. Bull.*, 18, n° 483, 1936, p. 5.

Une première série d'essais a eu pour but de confirmer des expériences faites par de Caligny, relatives aux courants et contre-courants engendrés par la houle dans le sein de la masse liquide où celle-ci se propage. De Caligny avait indiqué que, lorsqu'on établit une houle très creuse dans un canal expérimental à profondeur constante, on constate l'existence d'un courant de surface qui s'établit dans la direction où la houle se propage. Il avait décelé également, sur le fond de la cuve d'essais, un courant de même sens, presque aussi important que le courant de surface, un contre-courant compensateur s'établissant à mi-hauteur de la masse liquide. Aucune confirmation de ces essais n'avait été donnée jusqu'à ce jour, et même certains auteurs mettaient en doute les résultats obtenus par de Caligny. C'est pourquoi nous avons repris en détail ces expériences en nous attachant à les réaliser avec toute la rigueur scientifique désirable.

Les déplacements liquides ont été matérialisés, soit à l'aide des petites sphères de buis de diamètre et de densité différents, soit par des injections de substances colorées effectuées à différentes hauteurs dans la cuve d'essais. Les expériences ont entièrement confirmé les observations faites antérieurement par de Caligny; l'emploi de sphères de buis légèrement plus lourdes que l'eau et de diamètres différents a permis de montrer que le courant sur le fond intéresse une zone de hauteur extrêmement réduite. En effet, si de petites billes sont entraînées dans le sens du courant, par contre des sphères de diamètre plus grand, sous l'effet combiné du courant dans le fond et du contre-courant intermédiaire, sont soit maintenues en place, soit au contraire déplacées vers l'amont de la maquette, avec des vitesses d'entraînement qui sont fonctions du diamètre même des billes.

Étant donné l'intérêt très grand que présentent ces phénomènes, nous poursuivons, à l'heure actuelle, toute une série d'expériences systématiques afin de déceler la direction et l'importance des courants qui s'établissent à différentes hauteurs dans le liquide, en fonction des caractéristiques de la houle.

On peut faire varier la pente du fond de la cuve de façon à contrôler, dans la mesure où cela sera possible, les théories de Cornaglia relatives au flot de fond, théories qui semblent en corrélation avec les résultats obtenus par de Caligny.

Dans un autre ordre d'idées, nous avons été frappés de l'analogie qui existe entre la propagation, dans les liquides, des mouvements de houle, et la propagation ondulatoire de la lumière; la plupart des propriétés de la lumière se retrouvent dans la houle : réflexion, diffraction, interférence etc. Cela nous a conduits à examiner si la houle obéissait également aux lois de la réfraction. L'indice de réfraction de la lumière entre deux milieux étant, comme on le sait, le rapport de ses vitesses de propagation dans ces deux milieux, nous avons réalisé, dans une cuve expérimentale, deux zones à profondeur différente, mais constante dans chacune d'elles, séparées par une arête rectiligne, le

rapport des célérités de la houle dans les deux zones devant constituer l'indice de réfraction recherché; le phénomène s'est bien présenté comme nous l'avions prévu, et l'analogie avec les phénomènes lumineux étudiés par Fresnel s'est parfaitement maintenue. Comme pour la lumière, lorsque le mouvement se propage de la zone peu profonde vers la zone plus profonde, une partie de l'énergie contenue dans la houle ne passe pas du premier dans le second milieu; il donne alors lieu à la création d'une houle réfléchie qui, se composant avec la houle incidente, provoque la formation d'un réseau stationnaire; si la ligne de séparation des deux milieux est suffisamment inclinée sur la direction de propagation de la houle, on peut observer un phénomène de réflexion de la houle analogue à la réflexion totale de la lumière se propageant, par exemple, de l'eau dans l'air.

Ce phénomène, à notre connaissance, n'avait encore jamais été décelé pour la houle. De plus, alors que, dans le phénomène lumineux, on ne peut observer ce qui se passe à la limite en raison de la très faible longueur d'onde des rayons lumineux, par contre, la longueur d'onde de la houle ayant des dimensions notables, on peut observer, à la ligne de séparation des deux zones, la propagation d'ondulations parasites qui, d'ailleurs, du fait de la viscosité de l'eau, s'amortissent très rapidement, et qui, très vraisemblablement, existent aussi dans la réfraction de la lumière.

HYDRAULIQUE. — *Surpression engendrée par la fermeture d'une vanne papillon à la suite d'une rupture des organes de commande.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous considérons le cas d'une vanne papillon, placée à l'extrémité aval d'une conduite de vidange et débitant librement dans l'atmosphère, sans contre-pression aval. Pour éviter toute tendance à oscillations, dans les diverses positions d'ouverture, et, pour augmenter l'étanchéité de la fermeture, les constructeurs réalisent généralement ce type de vannes, de telle sorte que le couple hydraulique agissant sur le papillon tende sans cesse à fermer celui-ci. Par suite, dans le cas d'une rupture des organes de commande consécutive à une cause quelconque (rupture accidentelle, sabotage, bombardement, etc.), le papillon se ferme très rapidement en engendrant dans la conduite une surpression très élevée et particulièrement dangereuse.

Le calcul de ce *coup de bélier* ne peut être fait par les méthodes classiques, du fait que la surpression produite à chaque instant influe sur la fermeture de la vanne et que cette dépendance mutuelle de la loi de fermeture et de la surpression complique nettement le problème. Nous allons montrer qu'il est toutefois possible, en associant à la méthode graphique de M. Bergeron un calcul aux différences finies, d'obtenir, de proche en proche, en fonction du temps, les positions successives de la vanne et la valeur de la pression juste à l'amont de celle-ci, jusqu'à la fermeture complète.

Nous négligeons les variations de pression dues à la mise en vitesse et aux pertes de charge, à l'intérieur de la conduite. Nous admettons que la rupture des commandes libère entièrement le papillon, solidaire ou non du secteur d'entraînement, et nous désignons par I le moment d'inertie de la partie tournante.

L'étude sur modèle réduit de la vanne permet d'évaluer (D. Gaden, *Schweizer Bauzeitung*, 21 et 28 mai, 4 juin 1938), pour le type de papillon adopté :

1° Le couple C, compte tenu de l'excentricité éventuelle de l'axe des tourillons d'une part, et des frottements à l'intérieur de ceux-ci d'autre part; si y désigne la pression dans la conduite, juste en amont de la vanne, à l'instant considéré, et θ l'angle définissant la position du papillon, ce couple C, proportionnel à y, est de la forme

$$C = y f(\theta), \tag{1}$$

la fonction $f(\theta)$ étant donnée par les essais sur modèle.

2° Le débit Q, ou, d'une façon plus précise, la fonction $\lambda(\theta)$ de la relation

$$y = Q^2 . \lambda(\theta) \tag{2}$$

qui existe entre y et Q, la constance des contractions, quand la charge varie, entraînant la proportionnalité de la charge au carré du débit, pour chaque valeur de θ.

Soient L la longueur de la conduite;

a, la vitesse de la propagation des ondes;

$\mu = (2L/a)$, la durée d'un aller et retour d'onde d'un bout à l'autre de la conduite;

$\omega = (d\theta/dt)$, la vitesse instantanée de la rotation de la vanne;

θ_0, θ_f, la valeur initiale de θ et la valeur correspondant à la fermeture.

Nous partageons le temps en une série d'intervalles Δt, sous-multiples de μ, par exemple, dans le cas de la figure,

$$\Delta t = \frac{\mu}{8}.$$

Considérons le $n^{\text{ième}}$ intervalle Δt : soient θ_{n-1}, y_{n-1}, ω_{n-1} les valeurs de θ, y, ω au début de l'intervalle et C_{n-1} la valeur correspondante de C, calculée au moyen de la relation (1); on a

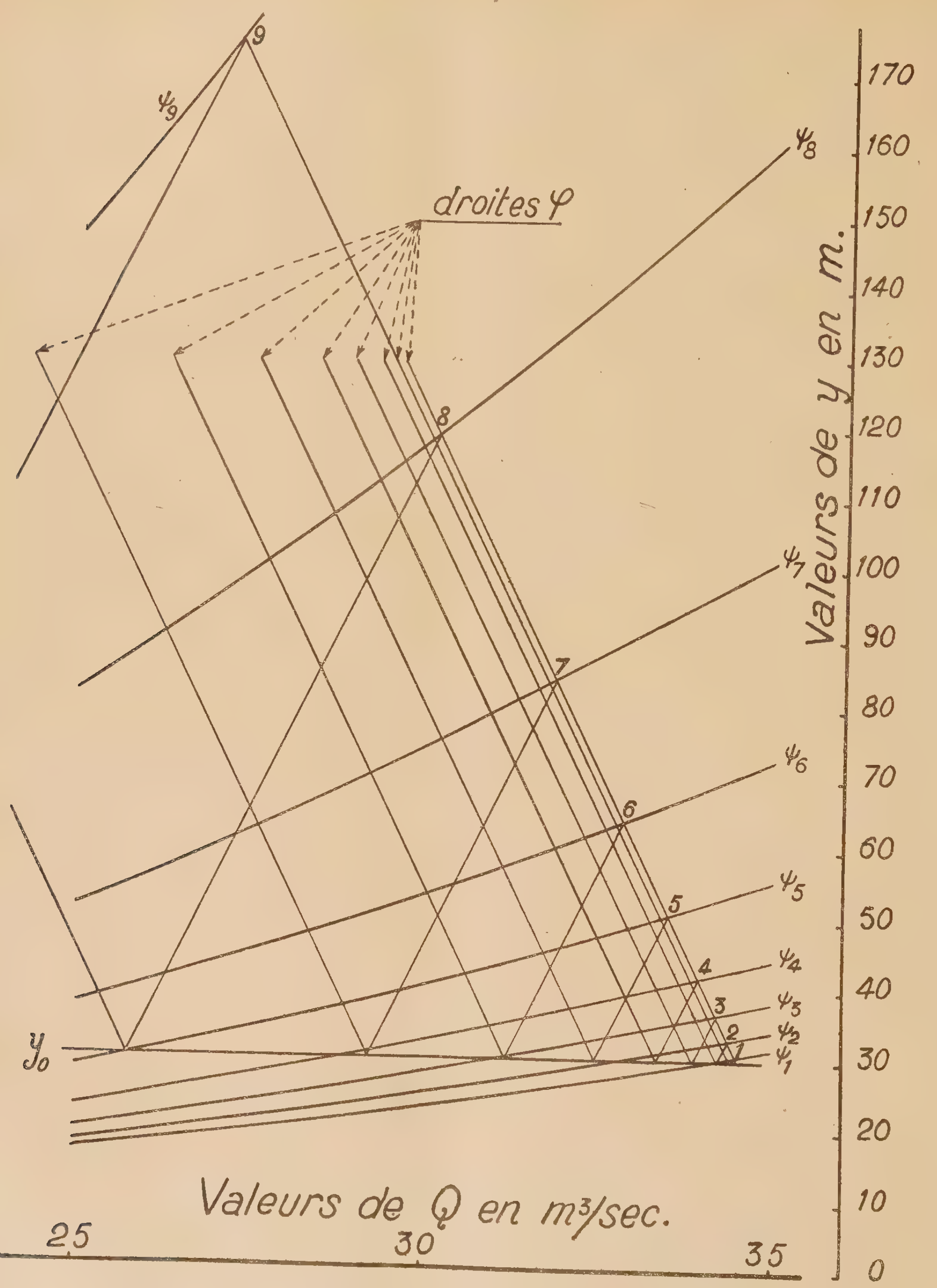
$$C = I \frac{d\omega}{dt}$$

et, par suite, en passant aux différences finies,

$$\Delta\omega = \frac{C_{n-1}}{I} \Delta t, \tag{3}$$

relation qui permet de calculer $\Delta\omega$.

En interpolant linéairement, on trouve, pour la rotation $\Delta\theta$ de la vanne



durant l'intervalle Δt considéré, la valeur

(4) $$\Delta\theta = \left(\omega_{n-1} + \frac{\Delta\omega}{2}\right)\Delta t.$$

La vanne occupe donc, à la fin de l'intervalle, une position définie pour la valeur θ_n de θ

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \Delta\theta.$$

L'intersection de la parabole

$$y = Q^2\lambda(\theta)$$

avec la droite φ correspondante du graphique de M. Bergeron donne alors le point de fonctionnement à la fin de l'intervalle considéré, c'est-à-dire y_n.

y_n, θ_n, $\omega_n = \omega_{n-1} + \Delta\omega$ étant ainsi connus, on peut appliquer la méthode à l'intervalle suivant. En opérant ainsi, de proche en proche, depuis l'instant de la rupture, pour lequel

$$\omega_{n-1} = 0, \qquad y_{n-1} = y_0, \qquad \theta = \theta_0$$

jusqu'à la fermeture complète, pour laquelle

$$\theta = \theta_f, \qquad Q = 0,$$

on détermine les courbes $y(t)$ et $\theta(t)$ cherchées.

Dans le cas particulier étudié sur la figure, à une pression statique $y_0 = 30^m$ correspond une pression maxima de 783^m.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extinction des courants d'induction dans une sphère conductrice. Applications géophysiques.* Note de M. **Louis Cagniard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans un Mémoire souvent cité par les géophysiciens [1], Lamb montra avec une grande généralité que, si des courants électriques quelconques ont été engendrés dans une sphère conductrice à une époque donnée, l'extinction du phénomène est extraordinairement lente, d'autant plus lente que le rayon R, la conductibilité électrique σ et la perméabilité magnétique sont plus grands.

Cependant, lorsqu'on se pose un problème particulier et qu'on doit préciser les conditions initiales, la solution de Lamb n'est guère utilisable, car elle implique le calcul de séries, d'une convergence parfois très médiocre, dont chaque terme est lui-même une intégrale de Fourier.

Une telle complexité n'est pas surprenante, puisqu'aux difficultés inhérentes à l'étude des *régimes transitoires* se superposent les complications habituelles aux problèmes de ce genre, lorsqu'ils s'appliquent à une *sphère*. On sait par exemple que d'importants problèmes de physique mathématique, tels que celui de la propagation des ondes séismiques dans le Globe ou celui de la diffraction d'une onde électromagnétique par une sphère (arc-en-ciel, couronnes etc.) n'ont reçu jusqu'ici que des solutions qui ne sauraient satisfaire complètement les géophysiciens.

Ce serait donc un grand progrès que de parvenir à exprimer la solution de

---

(1) H. Lamb, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 174, 1883, p. 519.

problèmes de ce type à l'aide de formules qui, tout en restant rigoureuses, permettraient de calculer numériquement d'une façon pratique toutes les circonstances des phénomènes.

C'est principalement dans ce but d'une portée générale que j'ai repris à titre d'exemple typique le problème de Lamb, en me donnant les conditions initiales suivantes. La sphère fut placée dans un champ magnétique uniforme d'intensité H_0 à une époque suffisamment reculée dans le passé pour que l'équilibre électrodynamique puisse être considéré comme atteint à l'origine des temps. A l'époque $t=0$, on supprime instantanément le champ excitateur H_0, ce qui n'a d'ailleurs de sens que si l'on pose, avec Lamb, que la vitesse de la lumière peut être considérée comme infinie. On se propose d'étudier les courants d'induction qui prennent alors naissance ainsi que le champ électromagnétique de ces courants.

Je parviens au résultat cherché en employant la méthode de Carson, dont j'ai fait naguère plusieurs applications [2].

Je montre ainsi par exemple que, pour $t>0$, le champ magnétique *extérieur* est identique à celui d'un aimant infiniment court situé au centre de la sphère et dont le moment magnétique, en supposant $\mu=1$, a pour intensité

$$\begin{aligned} M &= \frac{3H_0R^3}{\pi^2}\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n^2}e^{-\frac{n^2\pi^2}{4s^2}}\right)\\ &= \frac{H_0R^3}{2}\left[1-\frac{3}{s\sqrt{\pi}}+\frac{3}{4s^2}+3\sum_{n=1}^{\infty}\left(4n\int_{2ns}^{\infty}e^{-x^2}dx-\frac{2}{s\sqrt{\pi}}e^{-4n^2s^2}\right)\right], \end{aligned}$$

si l'on pose

$$s=R\sqrt{\frac{\pi\sigma}{t}}.$$

A condition de choisir tantôt l'une, tantôt l'autre des deux séries ci-dessus, la convergence est toujours si rapide que l'on peut presque se borner au premier ou aux deux premiers termes lorsqu'on ne désire pas une précision extrême.

Des formules d'une simplicité similaire expriment les composantes du champ magnétique, de la densité de courant etc., à l'intérieur de la sphère et permettent de discuter le phénomène dans ses moindres détails. Je me borne à signaler que, pour des valeurs de $R\sqrt{\pi\sigma/t}$ supérieures à quelques dixièmes, on atteint pratiquement un régime asymptotique dans lequel toutes les grandeurs décroissent exponentiellement, leurs expressions comportant le facteur commun $e^{-\frac{\pi t}{4\sigma R^2}}$. Dans le régime asymptotique, le champ magnétique est maximum au centre de la sphère, où son intensité est 6,580 fois plus grande

(2) Cf. par exemple L. Cagniard, *Réflexion et réfraction des ondes séismiques progressives*, Paris, 1939.

que celle du champ équatorial à la surface de la sphère. Le champ s'annule le long d'un cercle du plan équatorial de rayon 0,663 R. Les lignes de force du champ magnétique, situées dans les plans méridiens, se referment autour de ce cercle.

Dans la présente théorie, rien ne s'oppose, *au contraire*, à ce que le champ magnétique terrestre puisse être attribué, pour la plus grande part, à l'existence de courants induits en voie d'extinction. A titre d'exemple, on satisfait aux conditions avec une Terre vieille de 150 millions d'années, un champ originel de 25 gauss, un noyau terrestre non magnétique de 3500^{km} de rayon dont la conductibilité serait 37 fois plus grande que celle du cuivre.

La théorie pourrait d'ailleurs faire l'objet de vérifications cruciales, si elle était vraiment applicable; c'est-à-dire *si la Terre était immobile*. On en trouverait le moyen dans l'étude des courants électriques océaniques et l'on pourrait lever en partie l'incertitude qui affecte le choix des paramètres arbitraires.

La théorie ne sera vraiment intéressante, au point de vue géophysique, que si l'on parvient à mener jusqu'au bout les calculs dans l'hypothèse d'un globe animé d'un mouvement de rotation. Il n'est pas exclu d'espérer que cette théorie plus complète pourrait englober dans un même système d'explication le magnétisme terrestre, les déplacements des pôles magnétiques, les variations séculaires, les courants telluriques et marquer un progrès essentiel dans la connaissance des régions profondes de la Planète.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la stabilité de l'électron.*
Note de M. **Émile Brylinski**.

Considérons deux charges électriques q, égales et de même signe, à la distance r, se déplaçant dans une direction perpendiculaire à la droite qui les joint et dans le même sens, d'un mouvement rectiligne et uniforme de vitesse v. Elles exerceront l'une sur l'autre une répulsion électrostatique égale à $(1/\varepsilon)(q^2/r^2)$. Par contre leur mouvement crée entre elles une attraction électrodynamique égale à $\mu(q^2 v^2/r^2)$ et, si m est leur masse au repos commune, il s'y ajoute l'attraction newtonienne $(1/k)[m^2/(1-\beta^2)r^2]$.

Pour que la somme des attractions l'emporte sur la répulsion électrostatique, il faut et il suffit que

$$(1)\qquad (1-\beta^2)(1-\varepsilon\mu v^2) < \frac{\varepsilon}{k}\,\frac{m^2}{q^2}.$$

Si le mouvement a lieu dans le vide, on a

$$\varepsilon\mu v^2 = \frac{v^2}{c^2} = \beta^2,$$

et la condition (1) s'écrira

$$(1\ bis)\qquad 1-\beta^2 < \frac{m}{q}\sqrt{\frac{\varepsilon}{k}}.$$

Il est facile de voir que cette condition reste la même si, au lieu d'avoir affaire à deux charges, on a deux files de charges équivalant à deux courants rectilignes indéfinis.

Si le rapport m/q est le même que pour l'électron la condition (1 *bis*) donnera

$$1-\beta^2<\frac{1}{2}10^{-21},$$

et, par conséquent,

$$(2)\qquad \beta>1-\frac{1}{4}10^{-21}.$$

La vitesse v devrait donc être extrêmement voisine de celle de la lumière.

Passons au cas de l'électron en rotation sur lui-même. Deux des charges infiniment petites, en lesquelles on peut par la pensée diviser la charge totale, décriront des circonférences parallèles pour lesquelles nous admettrons que la condition (1) subsiste comme dans le cas où le rayon de ces circonférences croît indéfiniment.

La condition (2) donnerait alors des vitesses de grandeur peu probable. Mais l'électron n'est pas le vide et, s'il est vraisemblable que sa perméabilité magnétique soit sensiblement égale à celle du vide, il l'est également que sa constante diélectrique soit supérieure à celle du vide, comme cela a lieu pour tous les corps matériels.

Si donc ε' est le pouvoir spécifique de l'électron

$$(3)\qquad \varepsilon'=\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0},$$

la condition (1) deviendra

$$(4)\qquad (1-\beta^2)(1-\varepsilon'\beta^2)<\frac{\varepsilon'}{4}10^{-42},$$

c'est-à-dire

$$\beta^2>\frac{1}{\varepsilon'}-\frac{1}{4}\frac{\varepsilon'}{\varepsilon'-1}10^{-42}.$$

l est d'ailleurs vraisemblable que le terme numérique du second membre soit complètement négligeable devant $1/\varepsilon'$, de sorte que la condition de stabilité de l'électron devient

$$(5)\qquad \beta>\frac{1}{\sqrt{\varepsilon'}}.$$

Dans cette manière de voir, il est inutile de faire appel à la pression spéciale de Henri Poincaré, ni même à l'attraction newtonienne des éléments constitutifs de l'électron, dont la stabilité résulte simplement de sa rotation sur lui-même à très grande vitesse.

Il est remarquable que cette conception entraîne la variabilité de volume de l'électron car toute variation, si petite soit-elle, de la vitesse v entraîne une variation de la force électrodynamique de cohésion et, par conséquent, une variation probable de volume de l'électron.

Ces considérations fournissent également une explication admissible de la dématérialisation de l'électron. En effet toute diminution un peu importante (sans qu'elle soit nécessairement considérable) de la vitesse de rotation de l'électron fait prédominer les forces électrostatiques de répulsion sur les forces attractives de cohésion de sorte que les éléments constitutifs de l'électron se dispersent dans l'espace et que l'électron est détruit.

ÉLECTRONIQUE. — *Sélection des gerbes de rayons cosmiques par des compteurs de surface variable.* Note de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

I. La densité d'une grande gerbe de l'air est par définition le nombre de corpuscules par unité de surface. Si l'on fait l'hypothèse que toutes les grandes gerbes sont du même type, c'est-à-dire ont la même densité moyenne, celle-ci pourra être mesurée par la fréquence avec laquelle des gerbes repérées par deux compteurs éloignés frapperont un 3e compteur.

Il est clair, comme on l'a souligné de divers côtés ([1]), que l'hypothèse n'est pas valable. Soient deux compteurs à 3^m l'un de l'autre. Ils sont frappés par des gerbes d'énergie et donc de densité très variable, et en outre ils sont situés dans des zones très variables de ces gerbes, qui ont une densité décroissante du centre vers les bords.

Donc la densité mesurée par le rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles n'est qu'une espèce de densité moyenne dont la définition doit être examinée de plus près.

II. J'avais montré [*Thèse* (*Annales de Physique*, 1942)] que, en laissant provisoirement de côté le facteur position des compteurs dans la gerbe, la seule existence d'un spectre continu d'énergies primaires et donc de densités entraîne la conséquence suivante :

Deux compteurs ne sont pratiquement touchés simultanément que par des gerbes assez denses pour avoir une probabilité élevée de frapper chacun des compteurs. Le 3e compteur n'a donc à répondre qu'à de telles gerbes et le rapport triples sur doubles sera toujours inférieur à l'unité, mais de l'ordre de l'unité.

En somme des compteurs sélectionnent des gerbes comprises dans une bande d'énergie relativement étroite, dont la position dépend de la surface des compteurs.

Il était important de vérifier ce résultat théorique, très vraisemblable bien qu'il n'ait été établi qu'au moyen d'une simplification excessive.

III. *Avec les compteurs.* — Si la mesure de la densité de la portion de gerbe

---

([1]) Auger, Maze, Ehrenfest et Fréon, *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 39; Gorodetzky, Chanson et Denamur, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 166.

dépend de la surface des deux premiers compteurs, le rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles devra être indépendant de la surface absolue des trois compteurs supposés identiques. Au contraire, si la mesure de la densité des gerbes a un sens absolu, le 3ᵉ compteur sera frappé avec une fréquence dépendant de sa surface absolue et non de sa surface relative par rapport à celle des deux autres.

En fait nous avons enregistré à 1000^{m} d'altitude, avec des compteurs Philips de 100^{cm^2} de surface, 8,9 coïncidences doubles à l'heure moins 2,3 fortuites à l'heure et 2,15 coïncidences triples, d'où un rapport triples/doubles égal à $(32,5 + 4\ \%)$.

Avec des compteurs de 200 à 250^{cm^2}, nous avons enregistré 20,2 doubles, 5,08 fortuites et 4,15 triples à l'heure, d'où un rapport de $26,7\ \% \pm 4\ \%$. Ce rapport peut être augmenté de 12 % au plus parce que le rendement des grands compteurs a été trouvé inférieur au plus de cette proportion à celui des Philips.

Donc les deux rapports sont respectivement

$$32,5 + 4\ \% \quad \text{et} \quad 29,6 \pm 4\ \%,$$

égaux à la précision des mesures.

Si la densité avait un sens absolu, on aurait dû trouver 45 % dans le 2ᵉ cas.

IV. *Chambre de Wilson.* — Commandons la détente d'une chambre de Wilson par un système de trois compteurs. Et comptons les trajectoires des grandes gerbes sur les clichés. Si nous prenons maintenant des compteurs de surface double, nous devons enregistrer des gerbes en moyenne moins fournies et compter moins de rayons sur nos clichés.

Nombre de clichés contenant	0.	1.	2.	3.	4-5.	6-9.	10 et plus trajectoires	
Compteurs 100^{cm^2} (%)	12,5	20	12,5	12,5	21	10	11	sur 80 clichés
Compteurs 200^{cm^3} (%)	28	29	15	14	7	4	4	sur 108 clichés

La répartition est déplacée vers les faibles densités dans la 2ᵉ série.

Sur les clichés commandés par trois compteurs de 100^{cm^2}, il y a en moyenne 4,3 trajectoires; sur ceux commandés par trois compteurs de 200^{cm^2}, il y a en moyenne 2,44 trajectoires seulement. Pour les trajectoires assez diffusées les nombres moyens sont 1,15 et 0,91 ($\sim 10^5$ eV) et pour les trajectoires très molles 0,77 et 0,60 ($\sim 10^4$ eV).

Conclusion. — Il est donc certain que la densité moyenne d'une portion de gerbe enregistrée par un système de compteurs varie à peu près en raison inverse de la surface des compteurs. La densité mesurée est donc une grandeur qui dépend de l'instrument d'observation. Elle n'a de sens qu'en valeur relative, le nombre moyen de particules tombant sur le 3ᵉ compteur varie très peu avec la surface, pourvu que les surfaces des trois compteurs soient identiques. Cette conclusion, presque intuitive, gagne à être vue clairement. La conséquence la plus importante est qu'il devient impossible d'affirmer

qu'une trajectoire est réellement isolée. Il paraît fort probable, à la lueur des connaissances récentes sur la production des mésotons dans les gerbes explosives et dans les gerbes de l'air, que les trajectoires réellement isolées doivent être la minorité parmi les rayons cosmiques et que l'association, la gerbe est le fait général.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Création de circuits complémentaires, électriquement indépendants, dans les transports d'énergie à très haute tension.* Note de MM. **Hippolyte** et **Maurice Parodi**, présentée par M. Alfred Caquot.

Il existe, en fait, dans les lignes électriques à très haute tension, une *disponibilité* de section de conducteur, qui tient à ce que le diamètre extérieur des conducteurs est déterminé non par des conditions d'échauffement, mais par des conditions de tension entre phases et de pertes dans le diélectrique que constitue l'air ambiant. Cette disponibilité peut être utilisée en superposant, dans un même conducteur, des courants appartenant à des circuits différents; ce résultat peut être obtenu en créant, dans un système de lignes principales de transport d'énergie, un système complémentaire de circuits, électriquement distinct du système principal, mais ayant avec lui des conducteurs communs. Ces circuits complémentaires à courants forts sont analogues aux circuits fantômes utilisés depuis longtemps dans les systèmes de lignes à courants faibles. Cette superposition peut être faite avec des courants de fréquence, de tension, de forme d'onde, de nombre de phases différents ou égaux. Dans le cas de trois lignes triphasées principales $L_1(A_1B_1C_1)$, $L_2(A_2B_2C_2)$, $L_3(A_3B_3C_3)$, il est possible de constituer trois circuits complémentaires $L_4(A_1B_2C_3)$, $L_5(A_2B_3C_1)$, $L_6(A_3B_1C_2)$, en formant chacun de ces circuits avec des conducteurs choisis, un dans chacune des lignes principales.

Des dispositions analogues peuvent être réalisées dans le cas d'un nombre quelconque de lignes monophasées ou polyphasées, un ou plusieurs conducteurs additionnels pouvant être installés de manière à accroître le nombre des combinaisons.

C'est ainsi que, dans le cas de deux lignes triphasées, on peut en ajoutant un septième conducteur, constituer trois circuits électriquement distincts; en ajoutant deux conducteurs en constituer quatre. Les puissances naturelles de ces circuits réels ou fantômes étant sensiblement les mêmes, on voit qu'avec des additions de poids de conducteur de 16,6 % (un fil) ou 33,3 % (deux fils), on réalise des augmentations de la capacité de transport de 50 % ou de 100 % respectivement. L'addition de deux conducteurs aux six prévus pour une ligne double à 220 kV, actuellement à l'étude, ferait passer la puissance naturelle du système de 2×120000 kW $= 240000$ kW à environ $4 \times 120000 = 480000$ kW; un accroissement de poids de métal conducteur de 33,3 % procurerait un accroissement de puissance de 100 %.

En mettant une phase à la terre et en remplaçant le ou les câbles de terre par des câbles actifs, on peut, avec sept câbles actifs, former, en même temps que trois circuits indépendants, l'écran protecteur et le *contrepoids* des lignes.

OPTIQUE. — *Étude de la bande de fluorescence* 3350 Å *émise par la vapeur de mercure éclairée par des radiations ultraviolettes.* Note de M. **Robert Lennuier** et Mlle **Yvonne Crenn**, présentée par M. Aimé Cotton.

La vapeur de mercure présente deux bandes principales de fluorescence; l'une d'elles s'étend de 5300 Å à 4350 Å environ et possède un maximum d'intensité vers 4850 Å; l'autre s'étend de 3600 Å à 3000 Å environ, avec un maximum d'intensité vers 3350 Å. Sous l'effet d'un rayonnement ultraviolet, des paires d'atomes à l'état fondamental $^1S_0 + {}^1S_0$ (paires de Van der Waals) sont excitées à l'état de molécules $^1S_0 + {}^3P_1$ à fort couplage; l'émission de la bande de fluorescence ultraviolette 3350 Å accompagne le retour à l'état normal de ces molécules $^1S_0 + {}^3P_1$. Un petit nombre d'entre elles peut, sous l'effet d'un choc, être porté à l'état $^1S_0 + {}^3P_0$ d'énergie moindre; le retour à l'état normal des molécules $^1S_0 + {}^3P_0$ est accompagné de l'émission de la bande visible 4850 Å. Cette dernière a fait l'objet d'une étude de la part de l'un de nous (¹). Nous avons ensuite étudié la fluorescence ultraviolette 3350 Å et cherché comment varie son intensité en fonction de la pression de la vapeur de mercure et de la fréquence des radiations excitatrices.

I. *Variation de l'intensité en fonction de la pression.* — La formation de molécules excitées $^1S_0 + {}^3P_1$ et leur retour direct à l'état normal avec émission de la bande 3350 Å, font prévoir que l'intensité de celle-ci doit être proportionnelle au carré du nombre des atomes éclairés. Nous avons d'abord cherché à vérifier ce point.

Le mercure, contenu dans un tube en croix, est éclairé par une lampe Philora HP500 à vapeur de mercure qui émet fortement dans le proche ultraviolet jusqu'à 2480 Å. La région de la raie de résonance du mercure 2537 Å présente un renversement de quelques angströms précédé d'une bande continue intense de 2560 à 2542 Å environ. La pression de la vapeur de mercure dans la lampe Philora utilisée étant de plusieurs dizaines d'atmosphères, les radiations émises ne subissent plus qu'une absorption très faible à travers la vapeur du tube en croix, où la pression ne dépasse pas l'atmosphère et l'épaisseur traversée 4^{cm}. La fluorescence est observée dans un spectrographe à deux prismes de quartz. Le spectre obtenu est photographié pour diverses pressions de la vapeur, et les variations relatives de son maximum d'intensité sont mesurées par les procédés ordinaires de photométrie photographique. Nos résultats sont contenus dans le tableau suivant, où p désigne la pression de la

(¹) R. Lennuier, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 169.

vapeur évaluée en cm de mercure, T sa température absolue, I l'intensité de la fluorescence évaluée en unité arbitraire. La dernière ligne montre que I est proportionnelle à $(p/T)^2$, donc au carré du nombre des atomes éclairés. La pression variant de 7 à 60^cm^, l'écart ne dépasse pas 15 %.

p.........	61.	53.	30.	20.	16,5.	11.	7,5.
T.........	650.	643.	608.	581.	575.	554.	547.
I..................	0,948	0,535	0,218	0,102	0,074	0,034	0,016
$I \times (T/p)^2 \times$ const..	1,15	0,86	0,96	0,93	0,97	0,93	0,89

II. *Variation de l'intensité en fonction de la fréquence des radiations excitatrices.* — La pression et la température de la vapeur de mercure étant maintenues constantes (60^cm^ et 380°C.), celle-ci est éclairée avec une lumière monochromatique isolée du rayonnement de la lampe Philora par le spectrographe utilisé en monochromateur. La fluorescence est photographiée directement à travers un filtre pyrex 597 qui, ne transmettant que les radiations comprises entre 3000 et 4000 Å, élimine la fluorescence visible. La courbe de répartition de l'énergie dans le spectre de la lampe Philora utilisée est déterminée par photométrie photographique en prenant pour spectre étalon celui du cratère positif d'un arc au charbon assimilé au corps noir à 3500° K. Les énergies contenues dans les bandes spectrales étroites isolées par le monochromateur sont alors connues en valeurs relatives; les variations d'intensité de la fluorescence 3350 Å, excitée successivement par ces divers rayonnements, sont mesurées photométriquement.

De 3130 à 2544 Å, l'efficacité des radiations excitatrices varie dans le rapport de 1 à 20000 environ; cette large échelle de variation est une source de difficultés dans les mesures, et des erreurs de l'ordre de 15 à 20 % sont possibles.

Le tableau suivant indique les valeurs relatives R de l'efficacité définie comme le rapport entre l'intensité de la fluorescence 3350 Å et l'énergie du rayonnement excitateur, en fonction de la longueur d'onde de ce dernier.

Les valeurs de log R et de $\log(\nu_0 - \nu)$ où ν représente en cm^{-1} le nombre d'ondes du rayonnement excitateur, ν_0 celui de la raie de résonance 2537 Å, ont été calculées en vue de l'interprétation des résultats, qu'il me reste à faire connaître.

λ A.	R.	log R.	$\log(\nu_0 - \nu)$.	λ A.	R.	log R.	$\log(\nu_0 - \nu)$.
3130 Å...	0,3	−0,52	3,87	2609 Å...	330	2,52	3,04
2967.....	1,0	0,00	3,76	2570.....	500	2,70	2,71
2893.....	2,3	0,36	3,68	2563.....	900	2,95	2,59
2805.....	15	1,17	3,57	2557.....	900	2,95	2,50
2752.....	22	1,34	3,49	2550.....	1650	3,23	2,32
2699.....	41	1,62	3,37	2546.....	3300	3,52	2,16
2652.....	180	2,25	3,23	2544.....	4500	3,65	2,08
				2480.....	35	1,54	

Remarques. — *a.* L'existence d'une excitation très nette par des radiations

de plus courte longueur d'onde que la raie de résonance 2537 Å, telle que la raie 2480 Å, a été établie avec certitude; mais le mécanisme de l'excitation par de telles radiations reste obscur parce qu'elle correspond à l'absorption d'une énergie beaucoup plus grande que celle qui est mise en jeu par la transition ${}^1S_0 \rightarrow {}^3P_1$ d'un atome isolé ou perturbé.

b. Un rayonnement de longueur d'onde 3300 Å produit encore une très faible excitation dans les conditions de nos expériences; mais l'intensité de la fluorescence ainsi produite était trop faible pour être mesurable avec notre montage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux acides diastéréoisomères bisépoxy-*(2.6, 8.5$_1$) *éthyl-*5 *nonane carboxyliques-*3, $C^{12}H^{20}O^4$. *Isomérisation et saponification de leurs amides.* Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide bisépoxy-(2.6, 8.5$_1$) éthyl-5 nonène-3 carboxylique-3, $C^{12}H^{18}O^4$, en présence de nickel Raney, s'isomérise partiellement [1] en l'acide bisépoxy-(2.6, 8.5$_1$) éthyl-5 nonène-2 carboxylique-3. L'acide initial qui n'a pas subi l'isomérisation se retrouve en partie inchangé et en partie hydrogéné, 10 à 15 % environ, grâce à l'hydrogène apporté par le catalyseur même.

Dans de nouvelles expériences, où j'avais surtout en vue l'obtention des acides hydrogénés (I) et (II), les opérations furent effectuées sur le sel de sodium, $C^{12}H^{17}O^4Na$, dissous en quatre parties d'eau, en présence de nickel et d'hydrogène à la température et à la pression ambiantes. En 2 heures d'agitation, la solution a absorbé 80 % de la quantité d'hydrogène calculée pour une molécule. Après essorage et lavage du catalyseur, la solution fut traitée par l'acide chlorhydrique jusqu'à précipitation complète de l'acide isomérisé, $C^{12}H^{18}O^4$; on en retire 20 %, c'est-à-dire à peine la moitié de la quantité produite en l'absence d'hydrogène moléculaire. De la solution filtrée, traitée par un excès d'acide chlorhydrique, on retire par extraction à l'éther un mélange de deux acides, qu'on isole à l'état pur par des cristallisations fractionnées dans le mélange éther-éther de pétrole. L'un de ces acides fond à 117° et l'autre à 140° (fus. inst.); ce sont les deux isomères prévus par les schémas (I) et (II), analogues à ceux obtenus lors de l'hydrogénation de l'époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 dans des conditions semblables [2].

```
         ┌────────O────────┐                        ┌────────O────────┐
         │     H           │                        │   CO²H          │
     1   2│  3│ 4      5    6│  7      8    9         │    |            │
(I)  CH³.CH.C.CH².CH.CH.CH².CH.CH³         CH³.CH.C.CH².CH.CH.CH².CH.CH³   (II)
            |      |                              |      |
          CO²H   CH.(CH³)─O┘                      H      CH.(CH³)─O┘
```

(1) M. Badoche, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 142.

(2) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 745.

Acide F 140°. — Il se dépose en premier lieu, dans la proportion de 60 % du mélange, à l'état de cristaux massifs, facilement solubles dans les solvants organiques, moins dans l'éther de pétrole. Dissous dans 13 fois son poids d'eau bouillante, cet acide cristallise avec une molécule d'eau. P. M. 247,2; calculé pour $C^{12}H^{20}O^{4}.OH^{2}$, 246,1; F 77-78°. Cette eau de cristallisation part lentement dans le vide à 80-100°, en même temps que le produit s'altère en formant une sorte de vernis. Pour obtenir l'acide anhydre sans altération, il faut le purifier par cristallisations répétées dans des solvants anhydres, éther, éther de pétrole; il fond alors à 140°. P. M. 228,7 au lieu de 228,2; C % 63,46; H % 9,10. Calc. 63,11 et 8,83. Solubilité en 100 parties d'eau à 16° 0,71.

Acide F 117°. — Il a été retiré du solvant de purification de son isomére sous forme de cristaux en aiguilles. Rendement 40 %. C % 62,58; H % 8,76; solubilité en 100 parties d'eau à 16° 0,25. Dissous dans 30 fois son poids d'eau bouillante, l'acide cristallise ensuite avec une molécule d'eau, F 86° (fus. inst.). P. M. 247; chauffé dans le vide à 80-100°, au lieu de 7,31 % calculé, il perd 7,39 % de son poids sans s'altérer; devenu anhydre, il fond à 116-117° (fus. inst.).

Bisépoxy- (2.6, 8.5$_1$) *éthyl-5 nonane carbonylamides-3*, $C^{12}H^{21}O^{3}N$. — L'identification des deux acides isomères a été parachevée par la transformation en amides. Ceux-ci ont été obtenus en faisant réagir l'ammoniaque sec sur la solution éthérée des chlorures d'acides correspondants.

Amide de l'acide F 140°. — Rendement 65 %; recristallisé dans 10 fois son poids de benzène, l'amide se dépose en fines aiguilles feutrées fondant vers 84°. Dans le vide à 70-95°, ces cristaux subissent une perte de poids de 13,47 %, calc. $C^{12}H^{21}O^{3}N$, 1/2 $C^{6}H^{6}$; 14,65; F 111° (désolvaté). Solubilité en 100 parties d'eau à 15° 7,2; N % 6,15, théorie 6,16.

Amide de l'acide F 117°. — Rendement 92 %; aiguilles dans l'acétone F 239-240°. Solubilité en 100 parties d'eau à 15° 1,63; N % 6,15.

Saponification des amides. — L'opération avait pour but de vérifier si elle s'effectuerait avec isomérisation, ainsi qu'on l'avait constaté en différentes occasions et notamment avec les époxy-2.6 heptane carbonylamides-3. On apporterait ainsi une nouvelle confirmation de l'existence de la forme énol-amine envisagée précédemment avec M. Delépine. L'expérience a montré que, des deux amides, celui fus. à 111° est très sensible à l'action de la lessive de soude, que l'isomérisation va plus vite que la saponification et la précède; ce fait est analogue à celui observé avec le *d*-phényléthylacétamide, qui se racémise d'abord et se saponifie ensuite. Avec une solution à 10 %, d'amide fus. à 111°, l'isomérisation, se produisant sans saponification notable, est terminée à 100° en 4 heures avec $0^{mol},5$ de soude 0,2 *n* et en 15 minutes avec 8^{mol} de soude 3*n*; l'amide F 240°, peu soluble, cristallise dans la solution bouillante. En prolongeant l'ébullition de la solution 3*n*, on note un dégagement lent d'ammoniac qui n'est total qu'au bout de 10 heures. L'acide régénéré est presque uniquement celui fus. à 117°, avec moins de 1 % de l'autre isomère.

De cette constatation il résulte que la saponification de l'amide fus. à 240° doit forcément conduire à son acide générateur fus. à 117°. En fait l'expérience a confirmé cette prévision.

Enfin on a vérifié que d'une part la saponification des deux amides par l'acide chlorhydrique 2*n* s'effectue sans isomérisation, et d'autre part que

l'ébullition des sels avec un grand excès de soude $3n$ (4^{mol} pour 1^{mol} d'acide) laisse les acides inaltérés. C'est donc bien à l'ensemble, alcali plus amide, qu'il faut rapporter le genre d'isomérisation ici relaté.

Les transformations dont il vient d'être question peuvent être rassemblées dans le schéma

$$\left\{\begin{matrix}\text{Acide}\\\text{fusible}\\\text{à }140^{\circ}\end{matrix}\right\} \underset{\text{SO Cl}^2\text{ et NH}^3}{\overset{\text{ClH}}{\rightleftarrows}} \left\{\begin{matrix}\text{Amide}\\\text{fusible}\\\text{à }111^{\circ}\end{matrix}\right\} \xrightarrow{\text{HO Na}} \left\{\begin{matrix}\text{Acide}\\\text{fusible}\\\text{à }117^{\circ}\end{matrix}\right\} \begin{matrix}\xleftarrow{\text{ClH}}\\ \xrightarrow{\text{SO Cl}^2\text{ et NH}^3}\\ \xleftarrow{\text{HO Na}}\end{matrix} \left\{\begin{matrix}\text{Amide}\\\text{fusible}\\\text{à }240^{\circ}\end{matrix}\right\}$$

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le tracé de la Durance dans le Gapençais.* Note de M. **Jean Chardonnet**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le cours alpin de la Durance a un tracé complexe, comportant des sections synclinales (dans le Briançonnais, le val de Guillestre, le bassin de Valensole) et des sections anticlinales (dans les dômes évidés par inversion, Embrunais, bassin de Laragne). La traversée du Gapençais par la Durance ne peut, par contre, s'expliquer ni par une adaptation à la structure, ni par une antécédence, mais par une histoire morphologique comprenant d'importantes modifications hydrographiques.

Tracé et structure. — A sa sortie de l'Embrunais, la Durance aurait pu, soit se fixer dans l'ondulation synclinale transversale qui sépare les dômes de Gap et de Barles, soit évider une combe anticlinale dans le dôme de Gap. Négligeant ces deux adaptations structurales possibles, elle s'est établie sur la retombée méridionale du dôme.

Trois accidents structuraux seulement ont pu contribuer à y fixer l'hydrographie secondaire : 1° à l'aval la cuvette de Lettret-Tallard, bien dessinée dans le Jurassique inférieur; 2° à l'amont la petite inflexion synclinale du Rousset; 3° dans la région de Rémollon et d'Espinasses, de petites dislocations Est-Ouest, marquées par des dykes éruptifs de spilite localisés aux abords de la vallée : accidents secondaires d'extrusion, limités, sans continuité et qui ne peuvent, à eux seuls, être à l'origine d'une vallée comme celle de la Durance.

Hypothèse de l'antécédence. — La Durance se serait-elle fixée dans son cours actuel avant la surrection du dôme de Gap? L'adaptation précise de la vallée durancienne à l'anticlinal d'Embrun évidé en combe, à l'amont du Gapençais, obligerait alors à supposer que le dôme de Gap s'est constitué après la mise en place des nappes de l'Embrunais. Or les multiples replis de leur front, face au Gapençais, prouvent que, dans leur épanchement, elles ont rencontré un môle qui leur a servi de butoir et a provoqué l'empilement des écailles (au Morgon par exemple). Le dôme de Gap est antérieur et non postérieur aux nappes de

charriages qu'il a arrêtées et canalisées. L'hypothèse de l'antécédence est donc à rejeter.

Ancien cours de la Durance par Chorges et Gap. — Il faut admettre que la Durance a jadis emprunté le sillon Chorges-Gap-Tallard, tandis que son cours actuel était préparé par l'érosion d'affluents. Ce sillon constitue une vaste dépression monoclinale, dont la continuité sur 40^{km} autour du dôme de Gap suppose la continuité d'un ancien drainage, actuellement partagé entre des cours d'eau secondaires : torrent des Halles, Avance, Luye, Rousine. Les niveaux des cols qui séparent ces quatre vallées s'abaissent en effet régulièrement vers l'aval : Col de Chorges 900^m, col de La Bâtie-Neuve 858^m, col de la Tourronde 818^m, et se raccordent par des séries continues de replats à la fois sur les flancs du Gapençais et au pied du col Bayard. Le thalweg ainsi restitué a une pente moyenne de $5,2\,^0/_{00}$. On peut en suivre la continuation vers l'amont par de beaux replats montant de 980^m dans l'Embrunais à 1080^m dans la région de Guillestre.

Notons enfin que les volumes de la vallée ancienne, calculés dans les mêmes terrains oxfordiens entre les courbes 1000 et 1500, et sur la même longueur en amont et en aval de Chorges, sont presque équivalents. Une rivière ayant une puissance d'érosion voisine de celle de la Durance actuelle s'est donc, au cycle de Chorges, écoulée par le sillon périphérique du Gapençais.

Capture et dislocation de l'ancienne Durance. — La dislocation de l'ancienne artère fluviale a été préparée par une capture sur l'emplacement de la Durance actuelle, opérée par un affluent de la Durance de Gap qui confluait avec elle vers Tallard et élargissait son bassin vers Rémollon. La victime de la capture a été un petit affluent, né avec le caractère d'un ru fixé par l'inflexion du Rousset sur le crêt jurassique de la bordure orientale du dôme gapençais.

L'avantage de la rivière de Tallard-Rémollon se comprend si l'on reconstitue la surface d'aplanissement qui a nivelé ce dôme vers $1500\text{-}1600^m$; la bande de Lias schisteux qui affleurait au Sud (le Lias calcaire n'étant pas encore découvert) s'est prêtée à la formation d'une dépression monoclinale à peu près exactement sur le cours actuel de la Durance en amont de Lettret-Rémollon. Lors de la reprise d'érosion cette bande fut affouillée, tandis qu'au Sud se dégageait une côte de Jurassique; il est possible aussi que de petites dislocations Est-Ouest aient eu une influence sur la position de la rivière. Ainsi fixée, celle-ci se trouva être prisonnière du socle de Lias calcaire quand elle a commencé à l'entamer et n'a pu continuer son glissement monoclinal. Profitant des conditions faciles d'affouillement qu'offraient les noyaux de Trias d'ondulations anticlinales secondaires où elle développait l'inversion du relief, elle poussa ainsi ses têtes de source jusqu'à réduire à une crête étroite le partage des eaux avec le ru torrentiel du Rousset. La capture se produisit au cours d'une crue ou d'une débacle interglaciaire. Une nouvelle voie s'ouvrait pour la Durance, notablement plus courte que celle du sillon périphérique par Gap

et par conséquent de pente plus forte. Rien d'étonnant à ce qu'elle ait été préférée. L'ancienne voie abandonnée, les affluents de la nouvelle Durance, Avance et Luye notamment, devaient morceler le drainage du sillon.

On peut admettre que le détournement de la Durance est postérieur au Pliocène, dont les poudingues dominent les replats de Chorges au plateau de Corréo, et antérieur à la dernière invasion glaciaire, qui a tapissé de dépôts la vallée actuelle dans la région d'Espinasses.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Spectre auroral de la molécule d'azote.* Note de Mme **Renée Herman**, présentée par M. Charles Fabry.

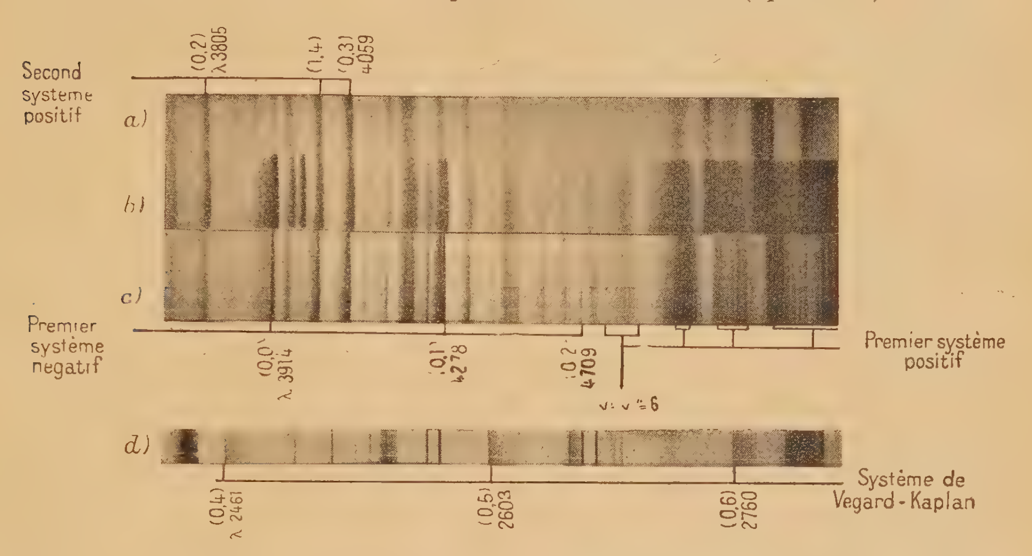
On sait que le spectre de l'aurore polaire se compose essentiellement de raies de l'atome d'oxygène et des principaux systèmes de bandes de la molécule d'azote. Parmi ces derniers les bandes négatives sont de beaucoup les plus intenses; viennent ensuite le second et le premier groupe positif; enfin les bandes de Vegard-Kaplan, qui sont les moins intenses.

On a cherché depuis longtemps à reproduire au laboratoire l'aspect particulier de cette luminescence en observant le spectre de l'azote soit pendant le passage du courant électrique dans le gaz, soit après, en phosphorescence. C'est ainsi que lord Rayleigh trouve le premier groupe négatif sans le second groupe positif en excitant l'azote par un faisceau de rayons cathodiques. La distribution d'intensité serait toutefois différente de celle trouvée dans l'aurore (1). Plus tard J. Kaplan a cru avoir reproduit les conditions de l'excitation de l'émission aurorale dans de l'azote renfermant des traces d'oxygène sous une pression de 5 à 10mm de mercure et une tension d'excitation de 25 000 volts (2). Le même auteur a réussi à exciter les bandes négatives en phosphorescence sous une pression d'azote de 10 à 20mm de mercure (3). Ce résultat a été contesté par G. Cario et U. Stille, qui n'ont pu obtenir cette phosphorescence et ont été amenés à penser que, dans les expériences de Kaplan, le rayonnement de la décharge directe n'a pas été entièrement éliminé (4). Opérant par décharge en haute fréquence, D. B. Neill et K. F. Harvey ont constaté également l'impossibilité de reproduire les conditions dans lesquelles Kaplan faisait apparaître cette phosphorescence et en particulier les bandes de Vegard-Kaplan (5).

Ayant réussi à exciter en phosphorescence le premier groupe positif de l'azote avec une exaltation considérable des niveaux élevés de vibration de l'état électronique $B^3\Pi_g$ (les bandes observées vont jusqu'à $v'=26$, $v''=20$ dans la séquence $v'-v''=6$), nous avons photographié le même spectre dans le bleu et le violet à l'aide d'un disque tournant permettant d'examiner le ballon après interruption du courant dans le circuit du secondaire (6). La

(1) *Proceed. Royal Society*, 101, 1922, p. 114.
(2) *Phys. Rev.*, 42, 1932, p. 807.
(3) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 671; 54, 1938, p. 176.
(4) *Zeits. für Physik*, 102, 1936, p. 317; 107, 1937, p. 396; U. Stille, *Zeits. für Physik*, 109, 1938, p. 491.
(5) *Philosophical Magazine*, 26, 1938, p. 502.
(6) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 506.

fréquence des interruptions ne dépassait pas une ou deux par seconde. Pour atteindre le régime normal correspondant au maximum de brillance, il est en effet nécessaire de maintenir la tension aux bornes du ballon pendant un temps suffisant. Le spectrographe utilisé avait deux prismes en flint dense et un objectif ouvert à f : 1,5. La reproduction ci-dessous (spectre *b*) montre un



spectre obtenu avec une pose de trois heures et une fente correspondant à 2/100 de millimètre sur la plaque. Afin de s'assurer que la phosphorescence est bien due aux phénomènes qui se produisent au sein même du gaz et non aux charges parasites, nous avons fait un second spectre semblable au premier mais en ayant soin de court-circuiter les électrodes du ballon immédiatement après chaque interruption. Le spectre obtenu est reproduit au-dessus du précédent (spectre *a*). On constate que le premier groupe négatif est toujours présent (très faible sur la reproduction). On remarque en outre que le premier groupe positif et le premier groupe négatif sont plus faibles par rapport au deuxième groupe positif dans le spectre *a*. On voit également que le spectre de la décharge « globale » (spectre *c*) présente peu de différence avec celui de la phosphorescence. Ces variations d'intensité viennent probablement de la décharge des ions moléculaires métastables dans le circuit extérieur. Ceci serait en accord avec l'hypothèse selon laquelle ces ions participeraient à l'excitation de la molécule d'azote.

On a, en réalité, deux phosphorescences différentes superposées : 1° l'une, celle de lord Rayleigh (retrouvée par Cario et Stille), composée des bandes α du premier système positif (excitation sélective) et du second groupe positif, et 2° l'autre constitué par le premier groupe négatif et le premier groupe positif, ce dernier sans excitation sélective, mais avec une répartition d'intensités de bandes correspondant à une température très élevée.

Ne disposant pas d'appareil lumineux en quartz, nous n'avons pu examiner

le spectre ultraviolet de la phosphorescence. Si l'on augmente la tension aux bornes du ballon, la lueur verte se réduit sensiblement. Par contre la brillance de la décharge directe augmente en changeant d'aspect et l'on peut la photographier avec un appareil peu lumineux. La reproduction *d* montre que les bandes de Vegard-Kaplan à niveau de vibration $v' = 0$ de $A^3\Sigma_u^+$ sont très intenses.

En résumé, le spectre de la phosphorescence « verte » de l'azote se compose de tous les systèmes trouvés dans l'émission aurorale, mais avec une répartition d'intensité qui s'en écarte notablement.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Étude de la région* D *de l'ionosphère.* Note de M. **René Rivault**, présentée par M. Charles Maurain.

Les variations rapides du champ électrique, dues à une décharge entre deux nuages orageux ou entre un nuage et le sol, peuvent être mises en évidence au moyen de l'oscillographe à rayons cathodiques. Les composantes élémentaires de ces variations sont désignées sous le nom d'atmosphériques et l'oscillographe permet de les caractériser par leurs formes. Celles-ci se modifient quand la distance *d* du récepteur à la source varie. Si *d* est supérieur à une cinquantaine de kilomètres, l'atmosphérique se présente sous la forme d'un train d'oscillations amorties, 3 à 6 en général, de pseudopériodes croissant de 100 µs environ pour la première oscillation, à 500 µs pour la dernière, soit des fréquences correspondantes de 10000 et 2000 p : s.

Les oscillogrammes sont souvent compliqués par la déformation des crêtes d'amplitude ou l'apparition de crêtes nouvelles. Laby ([1]) et Schonland ([2]) expliquent ces anomalies par la superposition à l'atmosphérique, propagé par voie directe, le long du sol, d'ondes provenant de réflexions successives de la perturbation entre le sol et l'ionosphère. Les hauteurs virtuelles *h* de la région réfléchissante, déduites des oscillogrammes, varient de 53 à 82^{km} : les réflexions se produisent sur la région D de l'ionosphère, dont l'altitude, déterminée par d'autres procédés, est voisine de 70^{km}.

Comme l'exploration directe de l'ionosphère met en jeu des moyens qui ne sont pas toujours disponibles, nous avons pensé pouvoir l'entreprendre par l'intermédiaire des atmosphériques. Ceux-ci, captés par une antenne, attaquent un amplificateur résistance-capacité à réponse linéaire entre 150 et 80000 p : s; les fréquences plus élevées sont éliminées par un filtre passe bas. Les tensions de sortie, symétriques, sont appliquées à une paire de plaques d'un tube à rayons cathodiques, l'autre paire étant utilisée pour le balayage. Celui-ci est provoqué par l'atmosphérique lui-même au moyen d'un déclencheur auto-

---

([1]) Laby et *alii*, *Proc. Royal Soc.*, A, **174**, 1940, p. 145.

([2]) Schonland et *alii*, *Nature*, **143**, 1939, p. 893.

matique de balayage, décrit ailleurs ([3]); dès que l'amplitude du signal dépasse une certaine valeur de seuil, réglable, le spot, maintenu obscur par une polarisation suffisamment négative de la grille du tube cathodique, devient lumineux à pleine intensité pendant que se produit un balayage unique de l'écran et dans un seul sens. Les oscillogrammes sont ainsi enregistrés un à un, le fonctionnement de l'appareil photographique étant produit par le déclencheur lui-même. Le début de l'oscillogramme, d'amplitude inférieure à celle nécessaire au déclenchement, est néanmoins enregistré grâce à l'emploi d'une ligne artificielle à retard. Tout ce dispositif vise à l'économie du film et à la sélection des atmosphériques.

Les intervalles de temps séparant les arrivées des différents échos, dûs à une même perturbation, sont lus sur l'oscillogramme : ils croissent avec le nombre des réflexions successives et tendent vers une limite égale à $2h/c$, c étant la vitesse de propagation, prise, en première approximation, égale à celle de la lumière. Nous avons élaboré des abaques permettant de déterminer rapidement h et d à partir de cette répartition des temps.

Les interprétations des résultats sont quelquefois difficiles, car les foyers orageux sont généralement multiples. Il se trouve cependant qu'il n'existe qu'un seul foyer isolé. C'est ainsi qu'un soir de juillet, vers 21 heures T.M.G., tous les oscillogrammes obtenus en l'espace d'une demi-heure comprenaient des échos multiples particulièrement nets, et s'accordaient pour situer (avec une valeur de d comprise entre 340 et 380^{km}) la hauteur virtuelle de la région D à 75^{km}, à 2^{km} près.

Quand plusieurs foyers agissent simultanément, les oscillogrammes correspondants sont obtenus entremêlés et permettent de connaître les valeurs de h et d relatives à chacun d'eux; la manœuvre du seuil du déclencheur permet, dans une certaine mesure, de les séparer en n'enregistrant que ceux dont l'amplitude est la plus grande. Il est à noter que, lorsque le dépouillement, à l'aide des abaques, fournit des valeurs de d et h cohérentes pour l'un des foyers, il en est de même pour tous les autres. S'il arrive au contraire que, malgré l'amplitude et la netteté des échos, il soit impossible d'obtenir des résultats plausibles, cela se produit pour tous les foyers, comme si h variait rapidement et irrégulièrement : les abaques, établis en supposant la région D plane, ne sont plus utilisables.

Nous n'avons jusqu'ici jamais observé de réflexions multiples avant le coucher du Soleil, mais seulement pendant les heures nocturnes. Le nombre et l'amplitude des échos successifs ne sont pas liés à la fréquence et à l'intensité des atmosphériques : il arrive que l'on obtienne, sur un même oscillogramme, deux atmosphériques d'amplitude et de forme comparables; l'un, généralement le second, à la suite duquel on peut compter jusqu'à une ving-

---

([3]) Rivault et Haubert, *Revue Générale de l'Électricité*, 51, avril 1942, p. 259.

taine d'échos d'amplitude régulièrement décroissante, alors que l'autre n'est suivi d'aucune réflexion.

Enfin, nous avons pu mettre nettement en évidence la façon dont la région D réagit au passage d'une importante perturbation orageuse se manifestant par une recrudescence du niveau général des atmosphériques. Au cours de onze journées successives d'octobre encadrant le maximum d'activité de cette perturbation, nous avons effectué des enregistrements oscillographiques au début et à la fin de la nuit. Des nombreux échos enregistrés, on tire la valeur moyenne de la hauteur virtuelle de D : elle oscille entre 80 et 85^{km} au début de la période considérée, s'élève jusqu'à 92^{km} au cours de la nuit correspondant au maximum d'activité de la perturbation, retombe à $74\text{-}75^{km}$ dans la nuit suivante pour remonter par la suite à $85\text{-}89^{km}$. Malgré l'absence de documents d'autre nature, ces résultats permettent d'attirer l'attention sur un retentissement probable de certaines grandes discontinuités troposphériques sur la hauteur virtuelle de la région D, hauteur présentant une ondulation rapide au passage de la discontinuité.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Les trachéides à ponctuations aréolées chez le* Sargentodoxa cuneata *Rehd. et Wils. et leur importance dans la phylogénie des Sargentodoxacées.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le *Sargentodoxa cuneata* Rehd. et Wils. est un arbrisseau sarmenteux et grimpant, localisé dans les buissons des provinces de Hupey et de Su-Tchuen (Chine centrale), où il croît entre 600 et $1\,300^{m}$ d'altitude. Cet arbrisseau avait tout d'abord été classé dans le genre *Holbœllia*; c'est sous le nom d'*Holbœllia cuneata* que G. Réaubourg (¹) en décrivait la structure au cours de son étude anatomique des Lardizabalacées. Depuis, Rehder et Wilson (²) l'ont retranché de ce premier genre pour le nommer *Sargentodoxa*, tout en le maintenant dans cette même famille. Puis Stapf (³) en a fait le représentant unique d'une famille spéciale, les Sargentodoxacées.

Dans la description anatomique faite par Réaubourg de la tige de cette espèce, nous n'avons trouvé aucune remarque particulière sur les éléments fibreux qui accompagnent les gros vaisseaux du bois; c'est pourquoi nous les avons examinés en coupe longitudinale; cette recherche nous a permis de découvrir la présence de ponctuations toujours aréolées situées sur les faces radiales et tangentielles de toutes les fibres. Vues de face, les aréoles apparaissent circulaires; leurs ouvertures sont en boutonnières obliques par rapport à l'axe; les fentes opposées d'une même ponctuation s'entrecroisent

(¹) *Thèse Doctorat Univ. Pharm.*, Paris, 1906.

(²) *Plantae Wilsonianae*, 1, 1913, p. 351.

(³) *Curtis's Botanical Magazine*, 151, 1926, pp. 9111 et 9112.

en X et leur longueur ne dépasse jamais le diamètre de l'aréole, lequel atteint $7^{\mu},5$. Ces ponctuations se montrent très rapprochées les unes des autres, séparées par des intervalles égaux. Assez souvent elles sont distribuées sur une seule file; cependant, sur les faces les plus larges, elles peuvent alterner en deux files parallèles.

Or il y a un fait très important à signaler : c'est que ces fibres à ponctuations aréolées se distinguent nettement des éléments appelés par E. C. Jeffrey ([4]) *fibres-trachéides*.

Chez ces dernières, assez fréquentes dans le bois secondaire des Archichlamydées et des Amentales, les lèvres de la ponctuation réalisent encore le type croisé, mais elles dépassent le diamètre de l'aréole; les ponctuations y sont distribuées moins régulièrement.

Les fibres du *Sargentodoxa* présentent la même constitution que les trachéides bien connues du *Cycas revoluta* L. En effet l'examen des ponctuations de cette Gymnosperme nous a permis de constater que le diamètre de leurs aréoles est le même ($7^{\mu},5$), que leurs ouvertures en boutonnières obliques et croisées ne se prolongent pas au delà du cercle de l'aréole. Il y a lieu d'établir une analogie marquée entre les fibres que nous étudions et les trachéides décrites par O. Lignier ([5]) chez le *Cycadeoidea micromyela* Mor., fossile du Lias moyen du Calvados. Enfin les ponctuations qui nous occupent sont encore comparables à celles que R. M. Gupta ([6]) a mises en évidence sur les faces de trachéides du *Trochodendron aralioides* Sieb. et Zucc. Les fibres du bois secondaire de notre plante peuvent donc être appelées *trachéides à ponctuations aréolées*, identiques à celles du type croisé que l'on rencontre chez les Cycadinées et les Trochodendracées.

D'autre part l'étude de la fleur et du fruit du *Sargentodoxa* révèle l'existence de plusieurs caractères archaïques : les anthères extrorses à connectif apiculé, la disposition spiralée des nombreux carpelles distincts insérés sur un réceptacle elliptique proéminent, les stigmates sessiles prolongés en becs recourbés, le large hile des graines.

Nos observations sur les ponctuations aréolées de fibres ligneuses de cette plante remarquable viennent ainsi renforcer les données de la morphologie externe pour nous permettre de classer les Sargentodoxacées parmi les Archichlamydées primitives. Les phylogénistes seront sans doute amenés à faire dériver cette petite Famille des Cycadinées et des Bennettitinées.

([4]) *The Anatomy of Woody Plants*, 1930, p. 31.

([5]) *Mém. Soc. Linn. Normandie*, **20**, 2e série, Caen, 1900-1901, p. 331.

([6]) *Journ. Ind. Bot. Soc.*, **13**, 1934, p. 71.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur quelques propriétés des fibres libériennes de Gouama* Hibiscus sterculiifolius (*Guil. Perr. et Rich.*) *Steudel.* Note de M. **Roger de Larambergue**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Gouama est en Guinée le nom vernaculaire d'une Malvacée appelée par G. Don *Hibiscus quinquelobus*; c'est ainsi qu'on la désigne en général, mais à tort, car, comme l'a fait remarquer A. Chevalier (1), on doit, suivant les règles de la taxonomie, lui donner le nom d'*Hibiscus sterculiifolius* (Guillemin, Perrotet et Richard) Steudel.

On trouve cette plante en Afrique Occidentale Française, où elle forme des peuplements à quelques distances des marigots et des marais, à *Raphia gracilis*, là ou l'humus conserve encore une certaine humidité, sans être atteint par les inondations. Le Gouama, comme d'autres *Hibiscus* (*H. tiliaceus*; *H. Sabdariffa*; *H. cannabinus*.), contient des fibres, qui, isolées par rouissage soit à l'eau courante, soit à l'eau stagnante, donnent une filasse que les indigènes emploient pour faire des liens grossiers, des cordages ou des filets de pêche, car ils considèrent ce produit comme imputrescible.

Nous avons entrepris l'étude du Gouama, en cherchant plus particulièrement à savoir s'il était susceptible de remplacer le Jute dans ses applications. La filasse que nous avons utilisée a été préparée par la méthode de rouissage indigène; sa teinte varie du crème au brun clair ou au chamois. Elle est assez brillante, souple et fine. Elle se présente en paquets de 2^m à $2^m,50$ de long. Contrairement à ce qui a lieu pour d'autres plantes, les insertions des pétioles n'y ont laissé que peu de traces. Ce qui est une qualité, puisque les cicatrices de ces organes sont toujours des points de moindre résistance.

Les fibres élémentaires sont effilées progressivement à leurs extrémités, elles n'ont ni épaississement ni ornement. Leur longueur moyenne est de $2^{mm},3$, le diamètre moyen est de 16^{μ}. Le rapport entre les deux dimensions est donc 143. Les colorations données par l'iode en présence d'acide sulfurique glycériné, la phloroglucine chlorhydrique, le chlorhydrate d'aniline et le réactif de Maul prouvent que les fibres sont lignifiées. La teneur en cellulose de la filasse sèche, déterminée par la méthode de Kurschner et de Kalming, s'est montrée voisine de 64 %. Le premier procédé appliqué à diverses fibres nous a conduit aux résultats suivants : Abaca 69 %, Jute 65 %, Sansevière 64 %, Sisal 59 %, Coïr 35 %.

Enfin nous avons apprécié les propriétés technologiques de la filasse par la méthode de O. Rœrich (*Trav. du Serv. d'Études et du Labor. des Productions coloniales*, 2e série, 5, 1934) pour les fibres dures de corderie. Ces propriétés sont :

---

(1) *Revue de Botanique appliquée*, 1931, p. 36.

la *finesse* ou somme des longueurs des brins élémentaires contenus dans un kilo de filasse bien peignée. Elle s'exprime en kilomètres et se mesure par pesée de cent brins prélevés dans une éprouvette de 10^cm^ de long;

la *densité apparente*, mesurée sur une éprouvette de 10^cm^ de long de diamètre et de poids connus ;

la *rigidité*, mesurée avec un pendule de torsion (méthode de Tchoubard);

la *ténacité*, exprimée en kilomètres par la longueur de la fibre, supposée indéfinie, telle qu'elle se rompe sous son propre poids. Voici les chiffres trouvés comparés avec ceux déterminés pour un jute moyen :

	Gouama.	Jute.
Finesse	243-261	230-300
Densité apparente	0,97	0,87
Indice de rigidité	1,8	1,6
Ténacité	35	38

La fibre de Gouama est donc comparable à un bon Jute moyen. Son indice de rigidité 1,8, un peu élevé, la place à la limite de la filabilité, mais par ensimage on arriverait sûrement à l'abaisser suffisamment.

Pour comparer le degré de résistance aux intempéries de ce produit avec celui d'autres fibres, nous avons enfoui des échantillons de diverses filasses dans la terre, et nous les avons comparés après quelque temps. Ainsi, après deux mois, l'Abaca et la Sansevière ont perdu toute résistance, le Gouama est un peu moins tenace, le Dâ et le Jute sont inchangés. Après quatre mois l'Abaca et la Sansevière ont disparu par pourriture, le Gouama et le Dâ ne sont plus représentés que par quelques filaments, le Jute seul a conservé son aspect primitif, mais il n'a plus aucune ténacité.

Une autre caractéristique, intéressante à étudier pour une filasse, est son hygroscopicité.

Pour la mesurer on enferme des paquets de filasse dans des dessiccateurs contenant de l'eau ou de l'acide sulfurique ou des solutions plus ou moins concentrées de cet acide. On détermine, après 8 jours, la teneur en eau de chaque échantillon.

Humidité de l'air.	H^2O pure (saturé).	Solution de SO^4H^2 à 24 % (8/10 sat.)	Solution de SO^4H^2 à 52 % (3/10 sat.)	SO^4H^2 pur (sec.).
Jute	34,4	22,7	10,1	
Gouama	29,0	20,9	11,5	0,9

De cette étude il ressort que l'*Hibiscus sterculiifolius*, qui pousse spontanément en abondance dans plusieurs points de l'Afrique Occidentale Française, peut remplacer le Jute, produit exclusivement par l'Inde. Il serait donc intéressant de réunir et de comparer entre elles le plus grand nombre possible de variétés et de formes de Gouama; il faudrait aussi faire l'étude écologique de ces divers types. Le Gouama, après sélection et amélioration, deviendrait alors vraisemblablement une plante textile très intéressante pour l'Afrique tropicale.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Description sommaire des hydrates d'oxalate de* Ca. Note de Mlle **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

A côté du monohydrate monoclinique bien connu (forme stable), les traités classiques indiquent l'existence d'un trihydrate quadratique (forme métastable), donnant des cristaux soit en octaèdres (bipyramides) dits en *enveloppe de lettre*, soit en prismes plus ou moins allongés, généralement bipyramidés. D'après A. Souchay et E. Lenssen [1], on ne peut obtenir le trihydrate artificiellement pur que par évaporation de solutions de monohydrate dans HCl concentré et chaud.

Suivant W. F. Jakob et E. Luczak [2], G. Hammarsten [3], I. M. Kolthoff et E. B. Sandell [4], ce *trihydrate* ne contiendrait en réalité que $2^{mol},25$ d'eau, et il existerait un véritable trihydrate, monoclinique. Ce dernier corps est probablement le même que l'hydrate signalé, mais non isolé, par V. Kohlschütter et J. Marti [5], considéré comme cristallisant avec $2^{mol},5$ d'eau et comme étant triclinique.

L'oxalate de Ca jouant un grand rôle chez les végétaux, j'ai repris la question; l'examen des courbes de déshydratation, des diagrammes de rayons X (radiogrammes de Debye-Scherrer) et des spectres infrarouges de précipités obtenus artificiellement me conduisent à admettre cinq formes définies :

Un *oxalate anhydre*, obtenu par chauffage entre 200 et 300° de l'un quelconque des hydrates. Les cristaux gardent la forme extérieure de ceux de l'hydrate qui leur a donné naissance, en devenant plus ou moins opaques. Laissés à eux-mêmes, ils reprennent 1^{mol} d'eau, en gardant toujours leur forme extérieure et en restant opaques;

Un *oxalate cristallisant avec* 1^{mol} *d'eau*, forme stable, qui est monoclinique;

Ensuite *trois formes*, plus ou moins métastables, qui sont voisines d'un trihydrate, mais ne semblent ni l'une ni l'autre cristalliser rigoureusement avec 3^{mol} d'eau. Dans l'ordre des teneurs en eau croissantes, voici ce qu'indiquent mes expériences.

Le trihydrate classique, obtenu par évaporation de solutions de monohydrate dans HCl. Il se présente en prismes bipyramidés, d'allure souvent dissymétrique; il est quadratique. Il est nettement métastable.

Le trihydrate non moins classique obtenu par voie aqueuse, confondu

---

(1) *Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 100, 1856, p. 308.

(2) *Roczniki Chemji*, 9, 1, 1929, p. 41.

(3) *C. R. Trav. Labor. Carlsberg*, 17, n° 11, 1929; *Eine experimentelle Studie über Calcium oxalate als Steinbildner in den Harnwegen*, *Thèse*, Lund, 1937.

(4) *The Journ. of Phys. Chem.*, 37, 1933, p. 153.

(5) *Helv. Chim. Acta*, 13, 1930, p. 929.

jusqu'à présent avec le précédent. Fréquemment trouvé chez les végétaux comme dans les sédiments urinaires, il se présente généralement en petits octaèdres en enveloppe de lettre (c'est l'hydrate à $2^{mol},25$ d'eau de Jakob et Luczak, dihydrate des auteurs). Il n'avait jamais été obtenu pur. Par un artifice de préparation permettant un retard à la cristallisation (bloquage des ions Ca par un citrate et des ions Ox par un sel de Mg), j'ai pu l'obtenir sans trace de monohydrate. Ses courbes de déshydratation et son spectre infrarouge sont nettement différents de ceux du précédent. Il révèle un peu plus d'eau, et cette eau ne paraît pas fixée de la même façon sur la molécule. Il est également quadratique, et se présente en général avec des formes symétriques. Il est un peu plus instable que le précédent. Il semble bien que les cristaux végétaux et animaux dits trihydrate appartiennent à cette variété.

Le trihydrate de Jakob et Luczak, obtenu avec des solutions très étendues, en présence de citrate trisodique, contient encore un peu plus d'eau que les précédents : il cristallise en tablettes parallélépipédiques qui paraissent être monocliniques. Il est encore moins stable, surtout à chaud.

Il reste à préciser les données physicochimiques qui ont servi à l'établissement des distinctions entre ces différents hydrates d'oxalate de Ca.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Semis symbiotiques de Pomme de terre dans les Pyrénées.* Note de MM. **Joseph Magrou**, **Joseph Bouget** et **Gabriel Segretain**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'un de nous a signalé, chez la Pomme de terre issue de graines, et dans certaines conditions de culture, l'existence d'une corrélation entre la symbiose mycorhizienne et la tubérisation ([1]). Pour réaliser expérimentalement cette symbiose, il suffit de semer des graines de Pomme de terre dans un sol où croissent abondamment des plantes sauvages à mycorhizes, ce qui est le cas des pâturages et des friches des régions montagneuses ([2]). Les plants symbiotiques ainsi obtenus produisent en abondance des tubercules, qui, replantés d'année en année dans les mêmes régions, donnent des plantes particulièrement résistantes aux maladies de dégénérescence.

Au printemps dernier, des graines de Pomme de terre de diverses variétés ont été semées en serre à Bagnères-de-Bigorre, dans une terre prélevée en montagne dans des terrains incultes, riches en plantes à mycorhizes. Le semis a donné des pieds très vigoureux qui, de mai à juillet, ont été transplantés en pleine terre, soit dans des prairies, fumées plus ou moins abondamment, soit dans des terrains incultes récemment défrichés et non fumés, où la terre

---

([1]) J. Magrou, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 50.

([2]) J. Costantin, J. Magrou, J. Bouget et Mlle V. Jaudel, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

destinée aux semis avait été prélevée. Parmi ces plantes, beaucoup ont péri après la transplantation, par suite de la sécheresse, qu'il n'a pas été possible, vu les circonstances, de combattre par des arrosages. Les arrachages ont été faits en octobre-novembre. Le tableau suivant résume les rendements.

Station.	Plantes repiquées.	Tubercules récoltés.	Nombre moyen de tubercules par pied calculé, d'après le total des pieds transplantés.	survivants.
1° Friches.				
Courtalet	3 607	25 261	7,1	19
Chiroulet, rive gauche	2 457	9 928	4	9
Chiroulet, rive droite	2 444	8 285	3,3	5,4
2° Prairie.				
Peyras G.	573	1 285	2,2	–
Peyras L.	244	1 804	7,4	17,5
	9 325	46 563		

Le tableau montre que le rendement moyen par pied est peu élevé, si on le calcule d'après le total des pieds transplantés. Mais, beaucoup de pieds ayant péri accidentellement aussitôt après la transplantation, il paraît légitime de le calculer par rapport aux pieds survivants au moment de la récolte, auquel cas il se relève notablement et atteint des chiffres élevés pour la friche du Courtalet et l'un des champs du Peyras. Mais c'est surtout par les dimensions des tubercules qu'il est remarquable; ils sont en effet d'une taille que nous n'avions jamais observée jusqu'ici dans nos semis symbiotiques; beaucoup d'entre eux ont les dimensions d'un gros tubercule ordinaire (jusqu'à 9^{cm} de long sur $4^{cm},5$ de diamètre). Les racines présentaient, à l'arrachage, la coloration jaune qui, chez la Pomme de terre, caractérise les mycorhizes; l'examen microscopique a d'ailleurs montré chez ces plantes l'existence d'une infestation très étendue.

L'analyse des sols en culture a révélé que l'azote y existe principalement sous forme organique inassimilable par les plantes, car, par suite du manque de chaux, cet azote ne nitrifie pas. Il est vraisemblable que les mycorhizes sont intervenues pour procurer à la plante l'azote nécessaire; le champignon est capable d'attaquer l'azote organique, et, comme il est ensuite partiellement digéré par les cellules qu'il envahit, il fournit un aliment azoté à la Pomme de terre, qui se comporterait ainsi comme une plante mycotrophe.

En résumé, nos cultures symbiotiques de 1942 confirment les résultats satisfaisants que cette méthode avait donnés précédemment à l'un de nous (J. Bouget) sur une échelle plus restreinte. Les virus de la Pomme de terre, d'après les auteurs les plus compétents, ne se transmettant pas par les graines, ce mode de culture pourrait être employé comme moyen prophylactique contre les viroses. On lui a reproché de donner des produits hétérogènes, en raison de l'hétérozygotisme de la Pomme de terre. En fait les variations que

nous avons pu noter dans les variétés étudiées au cours de 10 ans d'expérience sont généralement de faible amplitude, et ne paraissent pas nuire à la valeur agricole des semences obtenues, qui sont très recherchées par les cultivateurs de la région. D'ailleurs des essais sont en cours en vue d'isoler de nos cultures des lignées stables.

Il va sans dire que ce procédé n'est pas le seul qui permette d'obtenir des tubercules par voie de semis. L'un de nous a montré que la tubérisation se produit quand la pression osmotique du suc cellulaire dépasse une certaine limite ([3]). Les champignons symbiotiques réalisent cette condition en saccharifiant l'amidon contenu dans les racines. Mais tout autre procédé aboutissant à un accroissement de la concentration moléculaire des sucs de la plante entraînera la formation des tubercules. C'est le cas de la fumure, qui est capable d'élever la pression osmotique de la solution du sol au delà du niveau où la tubérisation peut se produire ([4]). Si nous croyons devoir signaler la méthode des semis dans les terres à mycorhizes de la montagne, c'est qu'elle permet d'obtenir de bonnes récoltes avec le minimum de soins culturaux, dans des stations où la propagation des maladies à virus se montre peu intense.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Rachitisme expérimental obtenu par simple alcalose et sans déséquilibre phosphocalcique.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Au cours de recherches antérieures, nous avons été amené à considérer le rachitisme expérimental comme une manifestation d'alcalose qui peut être guérie par simple adjonction au régime d'un acide tel que l'acide lactique ([1]). Nous avons pu constater, par ailleurs, que l'action rachitigène du déséquilibre phosphocalcique de la ration n'apparaît liée à la production de la maladie expérimentale qu'autant que ce déséquilibre comporte un large excès de calcium, en présence d'une carence relative en phosphore; inversement un large excès de phosphore (sous forme de phosphate disodique), en présence d'une carence calcique relative, se montre beaucoup moins régulièrement rachitigène que certains sels générateurs d'alcalose, tels que le bicarbonate de sodium et le citrate trisodique ([2]). Nous avons été conduit à penser que le déséquilibre phosphocalcique de la fraction minérale de la ration n'est pas indispensable à la production expérimentale du rachitisme et avons procédé à une nouvelle série d'expériences.

Deux lots de rats blancs, divisés chacun en deux parties, l'une maintenue à

(3) *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 793; **130**, 1939, p. 923.
(4) J. Magrou, J. Cuzin et F. Mariat, *Ann. Inst. Pasteur*, **69**, 1943, p. 114.

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 189; **212**, 1941, p. 938.
(2) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 688; **215**, 1942, p. 330.

la lumière du laboratoire et l'autre à l'obscurité, reçurent, avec de l'eau et du papier-filtre, les régimes RL (rachitigène Randoin-Lecoq) et SD (uniquement carencé en vitamine D), dont nous donnons ci-après la composition :

	RL.	SD.
Peptone pepsique de muscle (Chapoteaut)	17	17
Levure de bière sèche pulvérisée	3	3
Graisse de beurre	5	5
Huile d'olive	5	5
Saccharose	65	67
Mélange salin d'Osborne et Mendel	0	3
Mélange salin Z 84	4	0
Lactate de calcium	1	0

Le régime RL, qui comporte à la fois une carence en vitamine D et un déséquilibre phosphocalcique sensible (par excès de Ca et carence relative en P), donne, en 7 jours, chez les rats maintenus à l'obscurité, un rachitisme typique aisément caractérisé à la radiographie par un élargissement de la zone cartilagineuse diaphyso-épiphysaire des os longs, spécialement celle de la tête du tibia. Ultérieurement la zone cartilagineuse s'accroît, puis la production anarchique de tissu ostéoïde entraîne une tuméfaction de cette partie de l'os, rendant le discernement de la zone cartilagineuse difficile entre le 30e et le 60e jour, ou plus exactement quand le sujet pèse 90^g environ. L'arrêt de la croissance, par cause fortuite ou normale (animaux adultes), entraîne la calcification des lésions. De même la simple exposition des animaux à la lumière du laboratoire empêche ces manifestations d'apparaître. Avec le régime SD, carencé en vitamine D, mais dont la fraction minérale est normalement équilibrée, on n'observe, tant chez les rats maintenus à la lumière qu'à l'obscurité, aucun trouble osseux radiographiquement décelable.

Cinq lots de Rats furent ensuite constitués, lesquels reçurent le régime SD, dans lequel 3 parties de saccharose étaient respectivement remplacées par une égale quantité de bicarbonate de sodium, de citrate trisodique anhydre, de phosphate disodique anhydre, de carbonate de calcium et de gluconate de calcium. Comme précédemment, chacun des lots d'animaux se trouvait divisé en deux fractions maintenues l'une à la lumière et l'autre à l'obscurité. Aucun des Rats exposés à la lumière ne présenta de manifestations comparables à celles du rachitisme. Chez les sujets maintenus à l'obscurité, l'adjonction de 3 % de bicarbonate de sodium ou de citrate trisodique entraîna la production en 7 jours d'un rachitisme décelable radiographiquement par un élargissement du cartilage de prolifération comparable à celui observé avec le régime RL; mais, au lieu d'aller en s'accentuant avec le temps, les lésions osseuses s'atténuèrent spontanément de façon sensible aux 12e et 15e jours,

pour disparaître entièrement au 21e jour ([3]). L'introduction de carbonate de calcium dans le régime, ajoutant un déséquilibre phosphocalcique à la carence en vitamine D, entraîne la production d'un rachitisme moins fugace et très comparable à celui qu'on obtient avec le régime RL. Le phosphate disodique et le gluconate de calcium ne donnaient, au taux de 3 % et à l'obscurité, aucun trouble décelable radiographiquement; mais l'élévation de la dose incorporée à 5 % permit d'obtenir avec le gluconate de calcium un rachitisme évoluant également à l'obscurité comme le rachitisme dû au régime RL, le phosphate disodique ne provoquant dans les mêmes conditions aucune lésion osseuse caractéristique. Au cours de ces expériences il importe, bien entendu, d'éviter l'humidité, de maintenir dans la salle une bonne aération et une température modérée, de veiller à ce que le régime préexpérimental soit dépourvu de tout excès de substances à action antirachitique.

L'addition en quantité suffisante d'une source de vitamine D à ces régimes assure, dans tous les cas, une bonne calcification; les deux types de rachitisme obtenus ne sauraient donc être confondus avec le rachitisme dystrophique dû au strontium, uvio-résistant, étudié par Mouriquand.

Conclusions. — Il apparaît donc possible de provoquer, chez le Rat maintenu à l'obscurité, par simple addition de bicarbonate de sodium ou de citrate trisodique (sels générateurs d'alcalose) à un régime d'équilibre phosphocalcique satisfaisant, mais carencé en vitamine D, des lésions rachitiques guérissant spontanément par auto-défense de l'organisme. Ce rachitisme se distingue des formes plus graves, compliquées de déséquilibre phosphocalcique, obtenues avec le carbonate et le gluconate de calcium, dans lesquelles les lésions ne guérissent qu'à très longue échéance et en laissant subsister souvent des déformations osseuses marquées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Activité comparée de différents dérivés polyhydroxylés de la flavone sur la résistance capillaire du Cobaye normal et du Cobaye scorbutique.* Note de M. **André Sévin**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les travaux cliniques de Szent Györgyi et ses collaborateurs les conduisirent à admettre la présence chez les végétaux d'une vitamine réglant la perméabilité et la résistance capillaires (vitamine P). L'existence de celle-ci fut cependant mise en doute jusqu'au jour où Zacho ([1]) réussit à manifester une véritable carence en ce nouveau facteur; celle-ci se traduit par une diminution de la

([3]) Dix jours de la vie d'un rat correspondent approximativement à un an de la vie d'un enfant (Lecoq, *Les maladies par carence*, Paris, 1922, p. 6).

([1]) *Acta Path. et Microb. Scand.*, 16, 1939, p. 144.

résistance capillaire, qui peut être rétablie par injections d'extraits de fruits, alors que l'acide ascorbique est sans effet.

D'autre part Lavollay (²) (³) et Neumann (²) établirent que les extraits doués de l'activité vitaminique P inhibent l'oxydation de l'adrénaline et prolongent les effets de cette hormone sur les organes isolés. Ils montrèrent également que les dérivés de la flavone (surtout les dérivés du flavonol) présentent ces propriétés à des degrés divers. D'après l'hypothèse de ces auteurs, l'action des extraits végétaux sur la résistance capillaire doit être attribuée à la présence de substances inhibitrices de l'oxydation de l'adrénaline. Pour cet effet inhibiteur les flavanones sont peu actives, les flavonols le sont beaucoup plus.

Il était donc intéressant de mesurer l'activité sur la résistance capillaire de différents dérivés de la flavone et de rechercher si cette activité va de pair avec leur pouvoir inhibiteur de l'oxydation de l'adrénaline.

Nous avons trouvé que le rhamnétol-rhamnoside, dérivé du flavonol et bon inhibiteur de l'oxydation de l'adrénaline, possède l'activité vitaminique P; la résistance capillaire des Cobayes soumis au régime scorbutigène est tombée rapidement à 4-5^{cm} de Hg (technique de Zacho) et s'y est maintenue même au cours du traitement par l'acide ascorbique; des injections de rhamnétol-rhamnoside (2 à 4^{mg} *pro die*) la rétablirent rapidement à des valeurs qui dépassèrent bientôt la normale jusqu'à la mort de l'animal par suite du scorbut qui n'a pas été modifié dans ses manifestations apparentes.

Tous les chercheurs avaient jusqu'ici essayé d'améliorer la résistance capillaire de l'animal carencé. Nous avons trouvé que les corps actifs peuvent manifester leurs effets sur la résistance capillaire des animaux normaux, non carencés. Dès lors nous avons pu prendre comme test d'activité leur effet sur la résistance capillaire du Cobaye normal.

On détermine la résistance avant l'injection intrapéritonéale de la substance et une seconde fois 24 heures plus tard.

L'hespéridoside nous a donné des résultats très variables; soit une chute de la résistance capillaire immédiate, ou précédée d'une légère augmentation, soit aucune action (à la dose de 1^{mg}); à dose plus faible, on a toujours observé une chute plus ou moins marquée.

Par contre le rhamnétol-rhamnoside nous a donné des augmentations de 22-30 et 57 % pour des doses de 1/10, 1/2, 1^{mg} respectivement. L'action dure 2 à 3 jours, puis la résistance capillaire revient à la normale en une semaine environ. De plus, si l'on continue les injections, la résistance capillaire se fixe au bout de quelques jours à une valeur stable qui se maintient après cessation du traitement pendant un temps variable suivant la dose totale injectée. Par exemple notre Cobaye n° 17 a reçu, en 30 jours, 150^{mg}

(²) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1193.
(³) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 251.

de rhamnétol-rhamnoside par doses variant de 2 à 5^{mg}. Sa résistance capillaire, qui était de 13^{cm} de Hg au départ, se fixe à 22. Le traitement est arrêté le 15 avril; le 25 mai, au moment où il est soumis au régime scorbutigène, sa résistance capillaire est toujours à 22^{cm} de Hg. Le 10 juin, elle est à 20, le 23 à 14,5, le 30 à 12,5, le 16 juillet à 10,5 (à partir du 30 juin il reçoit 2^{mg} d'acide ascorbique par jour).

Un certain nombre de corps ont été essayés. Les résultats (variations de résistance capillaire en 24 heures) sont résumés dans le tableau suivant :

	Quantité injectée			
	Exemple d'élévation de la R. C. exprimée en cm de Hg	Variations de la R. C. exprimées en % de la valeur de départ		
	(1^{mg}).	(1^{mg}).	(1/2^{mg}).	(1/10^{mg}).
Hespéridoside ([a])	1 (de 15 à 16)	Variable de —50 à +10 %		
Ériodictyol-hétéroside	2,50 (de 15,50 à 18)	+20	+ 7	0
Lutéoloside	4 (de 9,50 à 13,50)	+31	+14	+19
Rutoside	8,50 (de 13,50 à 22,00)	+53	+26	+18
Quercitroside	3 (de 8,75 à 11,75)	+34	+12	+14
Rhamnétol-Rhamnoside	10 (de 15,50 à 25,50)	+57	+30	+22
Extrait d'oranges nº 1	3,50 (de 16,00 à 19,50)	+21	+16	+14
Extrait d'oranges nº 2	2 (de 14,50 à 16,50)	+23	+ 4	+ 2
Quercétol	5 (de 9 à 14,00)	+56	+27	+ 9
Rhamnétol	3,75 (de 9,25 à 13,00)	+40	+24	+17
Morinol	1,75 (de 8,25 à 10,00)	+20	+12	+ 6

([a]) Toutes ces substances ont été préparées par J. Lavollay et J. Sevestre.

Si l'on examine ces chiffres, l'on constate que les substances expérimentées se classent comme elles le font en tant que substances protectrices de l'autoxydation de l'adrénaline éprouvée sur l'intestin isolé de Cobaye. Mais dans ce cas les aglycones étaient plus actifs que les hétérosides correspondants. Il est propable que, *in vivo*, les hétérosides, qui sont beaucoup plus solubles que leurs aglycones, sont beaucoup plus facilement diffusibles et manifestent alors une activité du même ordre que celle des groupements prosthétiques.

On notera que les extraits d'oranges ont une activité supérieure à celle des dérivés de la flavanone que Szent Györgyi avait considérés comme les principes actifs de ces extraits. Par contre les dérivés du flavonol sont beaucoup plus actifs que ces extraits eux-mêmes. Mais, comme il résulte des observations de Lavollay et Parrot, les anthocyanosides et surtout la catéchine ([4]) ont une activité encore plus importante.

([4]) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 496.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Essai de détermination de l'indigestible glucidique.* Note de MM. **Raymond Guillemet** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Maurice Javillier.

En collaboration avec P. Préceptis, l'un de nous a préconisé une méthode de dosage des *matières cellulosiques* utilisant la solubilité des protéides dans l'acide formique ([1]). Par cette technique on obtient parfois des résultats beaucoup plus élevés qu'en utilisant les méthodes classiques, notamment celle, dite *de la station agronomique de Weende*, qui procède par attaque alcaline succédant à une hydrolyse acide. En fait le résidu de la dissolution formique renferme, outre les *matières cellulosiques*, les gommes et la lignine, ainsi que nous l'avons vérifié en utilisant le mode opératoire de Gabriel Bertrand ([2]). Mais il suffit de le laver énergiquement à la soude pour obtenir une teneur en *cellulose brute* voisine de la teneur habituelle.

En zootechnie, l'estimation de la *cellulose brute* (terme qui n'a aucune signification chimique) a pour but d'apporter un élément de plus à une analyse qui englobe déjà protides, lipides et matières minérales. La différence entre la somme de ces constituants et le poids sec de la substance analysée est appelée *extractif non azoté*; celui-ci participe au calcul de la valeur nutritive, la cellulose seule étant réputée sans intérêt alimentaire. Cette façon de faire est des plus critiquables, car, à côté de substances assimilables comme les sucres et l'amidon, *l'extractif non azoté* peut renfermer des matières telles que la lignine et les pentosanes, en majeure partie inutilisables par l'organisme animal.

C'est pourquoi il nous semble souhaitable d'employer des méthodes d'analyse qui discriminent dans la ration les éléments assimilables de ceux qui ne le sont pas. On pourrait d'une part évaluer l'ensemble des glucides digestibles par dosage du *réducteur total* après hydrolyse ménagée. Nous croyons d'autre part que l'insoluble formique brut non lavé aux alcalis, représente, au moins en première approximation, l'indigestible glucidique; voici à l'appui de cette hypothèse quelques arguments expérimentaux.

L'examen des bilans obtenus en additionnant protides, lipides, réducteur total, insoluble formique et sels minéraux, montre que la somme est voisine de 100. Nous avons ainsi soumis à l'analyse 26 aliments du bétail : sur 12 d'entre eux le total des substances dosées dépassait 97 % ; 10 autres fournissaient des sommes avoisinant 95 % ; pour 4 seulement le total était inférieur à 93 %.

([1]) *C. R. Ac. Agr.*, 28, 1942, p. 383.

([2]) *Ann. des Fermentations*, 1, 1935, p. 577.

L'expérience physiologique a été des plus démonstratives. Elle a consisté à doser comparativement l'insoluble formique des substances ingérées et celui des matières fécales. Nous avons utilisé à cet effet des Rats blancs alimentés à l'aide d'un régime de base synthétique auquel on ajoutait des tourteaux à insoluble formique élevé par rapport à leur teneur en *cellulose brute* :

	Cellulose brute (*).	Insoluble formique.
Tourteau de Karité	10,83 %	40,65 %
» de Palmiste	9,94	17,94

(*) dosée par la technique habituelle.

Voici l'ensemble des résultats obtenus :

Nature du régime.	Durée de l'expérience (en jours).	N° des rats.	Insoluble formique (en g) des substances ingérées.	Insoluble formique (en g) des matières fécales.	Différence (en %).
Régime de base 100 % (caséine, fibrine, fécule, sucre, extrait de malt)	15	1	0	0	–
	»	2	0	0	–
	»	3	0	0	–
	»	4	0	0	–
Régime de base 80 %, tourteau de Karité 20 %	20	5	19,83	18,43	—7
	»	6	17,67	18,16	+2,5
	»	7	19,33	17,87	—7,5
	»	8	17,55	16,49	—6
Régime de base 60 %, tourteau de Palmiste 40 %	12	9	12,94	12,32	—5
	»	10	11,03	12,06	+9
	»	11	13,45	12,81	—5
	»	12	12,40	12,72	+2,5

Il existe une concordance excellente entre l'insoluble formique du régime et celui des excreta. En outre les teneurs en carbone de ces insolubles sont identiques et les faibles quantités résiduelles d'azote et de glucides facilement hydrolysables qu'ils renferment sont du même ordre. C'est la preuve que la totalité de l'insoluble formique de la ration passe dans les matières fécales et que la somme des substances ainsi dosées se rapproche davantage de l'indigestible glucidique que la *cellulose brute* estimée par les méthodes habituelles; ceci chez le Rat blanc.

Il est certain que ces résultats ne peuvent qu'inciter à étendre les essais à d'autres animaux. Seule l'accumulation des faits expérimentaux sera démonstrative dans un domaine aussi complexe que celui de la digestibilité *in vivo*. Les expériences devront d'ailleurs être de durée relativement longue, car un excès d'indigestible risque de troubler la régularité des excrétions.

Nous proposons d'appeler *indice formique* le pourcentage d'insoluble obtenu de la manière suivante : substance pulvérisée mise à digérer une heure dans un bain d'eau bouillante avec l'acide formique à 80-85 % en agitant de temps en

temps; centrifugation de l'insoluble; lavages à l'acide formique bouillant puis trois ou quatre fois à l'eau bouillante, suivis chacun d'une centrifugation; résidu transvasé dans une capsule et séché. Une incinération permet d'en retrancher, s'il y a lieu, les matières minérales.

Pour le calcul de la valeur alimentaire, la détermination de l'indice formique (indigestible glucidique) et le dosage du réducteur total (glucides digestibles) se substitueraient avantageusement à l'estimation de la cellulose brute et à l'emploi de *l'extractif non azoté*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La vitesse de croissance des tumeurs dépend-elle d'un facteur héréditaire ?* Note de Mme **N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** et M. **I. Nekhorocheff.**

En étudiant l'influence de produits différents ([1]), ([2]) sur la croissance des tumeurs, nous avons utilisé des cancers spontanés ou provoqués de Souris. Ces souris cancéreuses provenant de plusieurs souches de notre élevage, nous avons été amenés à nous demander si l'appartenance des animaux utilisés à telle ou telle lignée ne jouait pas un certain rôle dans les résultats obtenus.

Le travail actuel, basé sur l'étude de 738 tumeurs observées dans 43 lignées, vise justement ce problème. Les Souris n'ont subi aucun traitement spécial, et leurs tumeurs ont ainsi été abandonnées à leur évolution naturelle.

Une méthode d'étude comparative de la croissance des tumeurs a déjà été mise au point par nous ([3]) sur une série d'animaux de contrôle : on mesure, à intervalles rapprochés, les diamètres a, b, c de la tumeur suivant trois axes; on calcule le *diamètre moyen* de la tumeur, $\sqrt[3]{abc}$, et on construit la courbe représentant la variation de cette quantité en fonction du temps. La courbe se réduisant, dans la plupart des cas, à une droite, on est fondé à exprimer la vitesse de cette *croissance linéaire* par le coefficient angulaire de la droite et à dénommer celui-ci *constante* a.

La méthode, simplifiée par la suite ([4]), consiste à tenir compte seulement de deux diamètres, a et b, de la tumeur, le diamètre moyen étant égal à $\sqrt{ab}$. Les données analysées dans ce travail ne comportent que deux mensurations de la tumeur, l'une au début (a_1 et b_1) et l'autre à la fin (a_2 et b_2) de l'observation. L'intervalle de temps, t, étant exprimé en jours, on obtient la valeur de la constante a, en mm/jour, grâce à la formule $(\sqrt{a_2 b_2} - \sqrt{a_1 b_1})/t$.

([1]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et P. Zéphiroff, *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 1051; **132**, 1939, p. 352; **133**, 1940, pp. 216 et 291; **134**, 1940, pp. 60 et 79.

([2]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et A. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, **125**, 1937, p. 353.

([3]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et I. Nekhorocheff, *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 693.

Le tableau ci-dessous montre, pour chaque lignée, le nombre des tumeurs mesurées; la moyenne des constantes *a* de ces tumeurs; les limites entre lesquelles oscille la valeur de *a* à l'intérieur de la lignée (les valeurs précédées du signe — se rapportant à des tumeurs en régression); enfin la moyenne des durées d'observation des tumeurs comptée en jours.

Lignée.	Nombre de tumeurs.	Moyenne de *a*.	Limites de variation de *a* dans la lignée.		*t* moyen d'observation.
Tumeurs spontanées.					
II	15	0,16	de 0,01 à	0,52	89,1
V	55	0,20	—0,80	1,15	47,4
VI	13	0,17	0,04	0,29	69,3
VII	34	0,22	—0,06	0,79	42,8
VIII	30	0,22	0,00	0,66	39,3
IX	10	0,33	—0,11	1,09	33,4
XIII	11	0,16	—0,07	0,33	52,0
XIV	17	0,11	—0,27	0,62	44,8
XV	12	0,22	0,02	0,70	49,6
XVIII	26	0,22	—0,32	1,99	44,1
XIX	53	0,14	—0,10	0,97	43,0
XXVII	19	0,13	—0,49	0,55	37,2
XXXIII	31	0,17	—1,10	0,78	41,6
XLIII	37	0,15	—0,01	0,40	52,7
RII	14	0,26	0,00	0,77	32,3
RIII	153	0,17	—0,23	1,08	49,6
Valseuseuses V	46	0,16	—0,18	1,01	52,6
Cl	12	0,29	0,04	0,76	50,2
F1	15	0,14	0,00	0,30	44,5
13 petites lignées	46	0,08	—0,22	0,49	85,5
11 petites lignées	43	0,19	—0,05	0,75	52,7
Tumeurs provoquées.					
	46	0,32	—0,60	1,49	36,2

On remarque sur le tableau que les moyennes de la constante *a* varient dans les lignées différentes pour les tumeurs spontanées, de 0,08 à 0,33; à l'intérieur d'une même lignée, l'amplitude la plus forte de variation de la constante *a* a été celle de la lignée XVIII (de —0,32 à 1,99), la plus faible celle de la lignée VI (de 0,04 à 0,29, c'est-à-dire égale à la variation de la moyenne de *a* entre les lignées, notamment 0,25); le *t* moyen d'observation varie de 32,3 jours (lignée R II) à 89,1 jours (lignée II). Les 46 tumeurs provoquées chez des Souris de lignées différentes ont donné 0,32 comme moyenne de la constante *a*, et sa variation individuelle va de —0,60 à 1,49.

Le rapprochement de ces données autorise, nous semble-t-il, les conclusions suivantes :

La vitesse de croissance individuelle des tumeurs varie en général plus d'une tumeur à l'autre, dans la même lignée, que la vitesse moyenne d'une lignée à l'autre. Cette constatation rend très peu probable qu'un facteur héréditaire (c'est-à-dire propre au terrain) régisse d'une façon prépondérante la vitesse de l'évolution tumorale.

Plusieurs cas se sont même présentés où les constantes a, relatives à diverses localisations chez un même animal, présentaient entre elles des différences sensiblement plus grandes que celles entre les moyennes des différentes lignées. Cela montre que la vitesse de croissance d'une tumeur est liée moins à la constitution héréditaire de l'animal qu'à la constitution de la tumeur elle-même, c'est-à-dire à sa potentialité évolutive particulière.

Dans l'étude des effets exogènes sur la croissance des tumeurs, il faut, par conséquent, tenir compte de cette variabilité individuelle de la constante a, et instituer de préférence un contrôle sur la tumeur même, par l'alternance de périodes d'application et de suspension de l'action exogène [4].

La séance est levée à 15h45m.

L. B.

---

[4] Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'*International Cancer Research Foundation,* Président, M. William H. Donner.